

533,675

Rec'd PCT/PTO 03 MAY 2005

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004年5月21日 (21.05.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/042675 A1

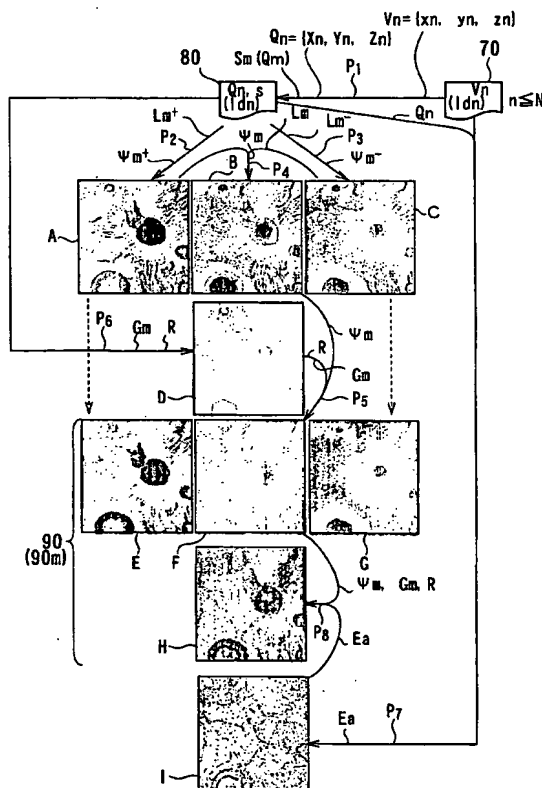
- (51) 国際特許分類: G09B 29/00
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/014118
- (22) 国際出願日: 2003年11月5日 (05.11.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2002-321634 2002年11月5日 (05.11.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): アジア
航測株式会社 (ASIA AIR SURVEY CO., LTD.) [JP/JP];
〒160-0022 東京都 新宿区 新宿4丁目2番18号 Tokyo
(JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 千葉 達朗

- (CHIBA, Tatsuro) [JP/JP]; 〒160-0022 東京都 新宿区
新宿4丁目2番18号 アジア航測株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 三好 秀和 (MIYOSHI, Hidekazu); 〒105-0001
東京都 港区 虎ノ門1丁目2番3号 虎ノ門第一ビル9階
Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB,
BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR,
HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR,
LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ,
NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,
SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (BW, GH, GM, KE, LS,
MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特
許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

[続葉有]

(54) Title: VISUALIZING SYSTEM, VISUALIZING METHOD, AND VISUALIZING PROGRAM

(54) 発明の名称: 視覚化処理システム、視覚化処理方法、及び視覚化処理プログラム



(57) Abstract: A vector field (70) including its local three-dimensional attribute is substantially visualized on a two-dimensional field of view in an intuitively visible way (p5, p8). For the visualization, the vector field (70) is mapped onto a three-dimensional coordinate space (80) to produce corresponding coordinate point sequences (p1), the degree of elevation (A) in a local area of a plane in which the coordinate point sequences are connected (p2) is determined, the degree of depression (C) in the local area is determined (p3), the degree of elevation/depression (B) in the local area is determined by weight-combining the degree of elevation (A) and the degree of depression (C) (p4), the coordinate space (80) is mapped onto a two-dimensional plane (90), and gray-scale display (F) corresponding to the degree of elevation/depression is conducted on the area of the two-dimensional plane (90) corresponding to the local area (p5).

(57) 要約: ベクトル場 (70) をその局所的な立体的属性も含め直感的に視認可能な仕方を実質的に二次元の視野上に視覚化 (P5, P8) するため、ベクトル場 (70) を三次元の座標空間 (80) に写像して対応する座標点列を得 (P1)、前記座標点列を連結する面の局所領域での浮上度 (A) を求め (P2)、前記座標点列を連結する面の局所領域での沈下度 (C) を求め (P3)、前記浮上度 (A) と前記沈下度 (C) とを重み付け合成して前記座標点列を連結する面の局所領域での浮沈度 (B) を求め (P4)、前記座標空間 (80) を二次元面 (90) に写像し、前記座標点列を連結する面の局所領域に対応する二次元面 (90) 上の領域に前記浮沈度に対応する階調表示 (F) を行う (P5)。

WO 2004/042675 A1



パ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

明 細 書

視覚化処理システム、視覚化処理方法、及び視覚化処理プログラム

5 技術分野

本発明は、視覚化処理システム、視覚化処理方法、及び視覚化処理プログラムに関し、特に、実質的に三つの成分をまとめて表示した三次元ベクトル（例えば、立体的地形データ）或いは多次元ベクトル（例えば、立体的地形データと地質データとを併有するデータ）中の特定の三成分
10 に関する三次元ベクトルが分布するベクトル場（例えば、地表面を表す地形データの集合）を、直感的に視認可能な仕方（例えば、視覚的立体感を与える仕方）で、実質的に二次元の視野（例えば、平面又は曲面）上に視覚化するための視覚化処理システム、視覚化処理方法、及び視覚化処理プログラムに関する。

15 本発明は、また、3次元座標で表された大量のデジタル画像データに基づく地形の凹凸部の高低及び傾斜を、等高線に代えて、色調で表現することにより視覚的に立体感を付与可能な傾斜赤色化立体画像を生成するための視覚化処理システム、視覚化処理方法、及び視覚化処理プログラムに関する。

20

背景技術

三次元ベクトル場の二次元面上での視覚化は、古来より多くの試みがなされている。

最も典型的には、2つの成分を座標値に変換して、その交点を二次元
25 面上にプロットし、各交点に残る第3の成分の属性を付記する仕方（例

えば、町内案内図)が知られているが、これだと第3の成分の違いを簡単に把握できない。

この点、第3の成分の属性的特徴を図形表示すること(例えば、市街案内図)もなされているが、それでも情報の局在化を免れることはで

5 きず、属性の連続的な変化が分からない。

そこで、二成分の連続的特徴(例えば、海岸、河川、湖沼等の外形線)と、第3の成分の属性等値線(例えば、等高線)を記入する仕方が汎用されているが、やはり、属性の変化状態を直感的に視認することが難しい。

10 ここで、より具体的に、地形図を考えてみる。

解析図化機によるメッシュ測量では、地形を格子状に分割し、それに標高値を付与してDEM(デジタルエレベーションモデル「Digital Elavation Model」)のデータを得る。これを計算機で処理して、例えば地形の高度、傾斜角、斜面方位、ラプラシアン、流域区分、水系等

15 に関するパラメータを計算し、面上に分布する計算結果を対応する画像に変換できる。

航空機レーザー計測では、更に詳細な情報を含むデータが得られる。

これらのデータは、地形図にすべて盛り込まれる訳ではない。

例えば、高低及び傾斜に関する情報を取り出し、等高線として地図に
20 記入する。だが、そこから立体的な地形を想像することは容易でない。

斜め上方から光を当てた陰影図として立体感を出す画像もあるが、これだと特定方向の傾斜が強調される。

この点、グレイスケール(明度の段階)あるいはレインボウカラー(色相の段階)で表示した地形画像は、地形の幾何的特徴とその分布状態を直感的に視認でき、有用であるが、効果的な立体視感が得られない。
25

文献1:「特開平1-46902号公報」

地上開度又は地下開度のいずれかをメガフィルタとして用い、これにより画像を処理することもあり、これだと比較的大域での地形の特徴を補足できるが、立体視感の点で物足りず、特に局所的な立体視感に不満が残る。

- 5 文献 2 : 「岩手大論文 : 横山隆三・白沢道生・菊地祐 (1999) 開度による地形特徴の表示, 写真測量とリモートセンシング, vol. 38, no. 4, 26-34」

ここで、地形図に立体視感を与える従来方法について述べる。

(ステレオマッチング画像、三次元画像)

- 10 基本的に視差を使用した画像で、2枚の写真を用いる。赤／青フィルター、偏光フィルター、回折格子、又はレンチキュラーレンズによる場合など様々な方法があるが、いずれも特定の方向から見る必要があり、また眼鏡を必要とする。しかも、拡大、縮小が難しい。

- 15 三次元画像は、特定方向から見下ろした画像で、影の部分が見えず、また遠くが小さく、近くは解像度が不足するので、判読に不向きである。しかも画像作成に時間を要する。

(等高線による表現)

- 20 等高線は山地の地形表現に好適だが、急傾斜 (例えば、急崖部) 或いは緩傾斜もしくは平坦地 (平野部) で、段階的に高さを割り当てられた等高線が極度に集合、離散し、地形の判読に時間がかかる。

傾斜の角度及び向きを等高線の間隔の変化から推測することになり、従って単純な拡大、縮小に馴染まず、場合により作り直しが必要になる。

等高線が混み合うと隙間がなくなり、崖記号で置換する。この作業は手間を要し、またベクトル化の障害になる。

- 25 小さな凹凸は、各等高線に高さを付与しないと判読できない。

(二次元的な標高値を有する画像データの集合)

航空写真測量による図化作業では、特定の高度を連ねた等高線情報を直接取得し、等高線間の高度は与えない。

航空機レーザー計測或いは解析図化機によるメッシュ測量の場合には、DEMデータを取得し、それに基づき等高線の二次元的な分布を求め、必要に応じ等高線のスムージングを行うが、最終的に等高線に含まれない情報、例えば、等高線間の三次元的幾何情報が使用されずに残る。

本発明は以上の点に鑑みなされた。

従って、本発明は、ベクトル場をその局所的な立体的属性も含め直感的に視認可能な仕方で実質的に二次元の視野上に視覚化するための視覚化処理システム、視覚化処理方法、及び視覚化処理プログラムを提供することをその課題とする。

本発明は、また、地形の高低及び勾配の度合いを一目で立体的に把握できる傾斜赤色化立体画像を生成するための視覚化処理システム、視覚化処理方法、及び視覚化処理プログラムを提供することをその課題とする。

発明の要旨

前記課題を解決すべく、本発明に係る視覚化処理システムは、ベクトル場を三次元の座標空間に写像して対応する座標点列を得る第1のオペレータと、前記座標点列を連結する面の局所領域での浮上度を求める第2のオペレータと、前記座標点列を連結する面の局所領域での沈下度を求める第3のオペレータと、前記浮上度と前記沈下度とを重み付け合成して前記座標点列を連結する面の局所領域での浮沈度を求める第4のオペレータと、前記座標空間を二次元面に写像し、前記座標点列を連結する面の分割領域に対応する二次元面上の領域に前記浮沈度に対応する諧調表示を行う第5のオペレータとを備えることを特徴とする。

本発明によれば、ベクトル場を三次元の座標空間に写像して、対応する座標点列を得るとともに、前記座標点列を連結する面の局所領域での浮上度、つまり盛り上がりの度合い(例えば、地形図の尾根度)と、沈下度、つまり沈み込みの度合い(例えば、地形図の谷度)とを求め、それらを(差分も含む広義な範囲で)合目的的に重み付け合成して、局所領域での浮沈度、つまり、盛り上がり及び沈み込みの度合い(例えば、地形図の尾根谷度)を求め、これを二次元面上の対応する領域に諧調表示するようにしているので、ベクトル場をその局所的な立体的属性も含め直感的に視認可能な仕方で、実質的な二次元面上に視覚化できる。

10 前記浮上度は、好ましくは、前記座標点列を連結する面の局所領域における片面側の立体角で表される。

前記沈下度は、好ましくは、前記座標点列を連結する面の局所領域における他面側の立体角で表される。

前記視覚化処理システムは、好ましくは、更に、前記座標点列を連結する面の斜度分布を求める第 6 のオペレータを備え、前記第 5 のオペレータは、好ましくは、前記二次元面上に前記斜度分布を(より好ましくは赤色系の色で)色調表示、即ち彩度表示し、その明度に関し、前記諧調表示を行う。

前記視覚化処理システムは、好ましくは、更に、前記座標点列のうち前記ベクトル場での属性が等値な座標点を連結して属性等値線を得る第 7 のオペレータと、前記諧調表示がなされた二次元面上に前記属性等値線を写像する第 8 のオペレータとを備える。

本発明に係る視覚化処理方法は、ベクトル場を三次元の座標空間に写像して対応する座標点列を得る第 1 の工程と、前記座標点列を連結する面の局所領域での浮上度を求める第 2 の工程と、前記座標点列を連結する面の局所領域での沈下度を求める第 3 の工程と、前記浮上度と

前記沈下度とを重み付け合成して前記座標点列を連結する面の局所領域での浮沈度を求める第 4 の工程と、前記座標空間を二次元面に写像し、前記座標点列を連結する面の分割領域に対応する二次元面上の領域に前記浮沈度を諧調表示する第 5 の工程とを備えることを特徴とする。

- 5 本発明に係る視覚化処理プログラムは、ベクトル場を三次元の座標空間に写像して対応する座標点列を得る第 1 の処理と、前記座標点列を連結する面の局所領域での浮上度を求める第 2 の処理と、前記座標点列を連結する面の局所領域での沈下度を求める第 3 の処理と、前記浮上度と前記沈下度とを重み付け合成して前記座標点列を連結する面の局所領域での浮沈度を求める第 4 の処理と、前記座標空間を二次元面に写像し、前記座標点列を連結する面の分割領域に対応する二次元面上の領域に前記浮沈度を諧調表示する第 5 の処理とをコンピュータに行わせるべく機能することを特徴とする。

- 15 本発明に係る傾斜赤色化立体画像を生成するための視覚化処理システムは、3次元座標が付与されている多数のデジタルデータを記憶したデータベースと、コンピュータとからなることを特徴とし、前記コンピュータは、前記デジタルデータの同じZ値を有する3次元座標を繋いだ等高線を有する立体等高線画像を生成する手段と、前記等高線の間をメッシュ化する手段と、それぞれのメッシュに着目点を割り付け、この着目点を有するメッシュの隣同士のメッシュとのZ値の差の平均を求める手段と、この平均の差の大きさの度合いに応じた赤の諧調を前記着目点を有するメッシュに割り当てた傾斜赤色化画像を生成する手段と、前記着目点を有するメッシュの尾根谷度に応じて明度を変えたグレイスケール画像を生成する手段と、前記傾斜赤色化画像と前記グレイスケール画像とを乗算合成することで、傾斜の度合い及び高低の度合いを色で表現した傾斜赤色化立体画像を画面に表示する手段とを備えることを特徴とす
- 25

る。

- 本発明に係る傾斜赤色化立体画像を生成するための視覚化処理方法は、デジタルデータの同じZ値を有する3次元座標を繋いだ等高線を有する立体等高線画像を生成する工程と、前記等高線の間をメッシュ化する工程と、それぞれのメッシュに着目点を割り付け、該着目点を有するメッシュの隣同士のメッシュとのZ値の差の平均を求める工程と、この平均の差の大きさの度合いに応じた赤の諧調を前記着目点を有するメッシュに割り当てた傾斜赤色化画像を生成する工程と、前記着目点を有するメッシュの尾根谷度に応じて明度を変えたグレースケール画像を生成する工程と、前記傾斜赤色化画像と前記グレースケール画像とを乗算合成することで、傾斜の度合い及び高低の度合いを色で表現した傾斜赤色化立体画像を画面に表示する工程とを備えることを特徴とする。

- 本発明に係る傾斜赤色化立体画像を生成するための視覚化処理プログラムは、コンピュータを、3次元座標が付与されている多数のデジタルデータを読み出す手段、前記デジタルデータの同じZ値を有する3次元座標を繋いだ等高線を有する立体等高線画像を生成する手段、前記等高線の間をメッシュ化する手段、それぞれのメッシュに着目点を割り付け、該着目点を有するメッシュの隣同士のメッシュとのZ値の差の平均を求める手段、この平均の差の大きさの度合いに応じた赤の諧調を前記着目点を有するメッシュに割り当てた傾斜赤色化画像を生成する手段、前記着目点を有するメッシュの尾根谷度に応じて明度を変えたグレースケール画像を生成する手段、及び前記傾斜赤色化画像と前記グレースケール画像とを乗算合成することで、傾斜の度合い及び高低の度合いを色で表現した傾斜赤色化立体画像を画面に表示する手段として機能させることを特徴とする。

図面の簡単な説明

本発明の上記及びその他の特徴、作用、及び効果は、以下に添付図面を参照してなされる本発明を実施するための最適な形態の説明を読むことにより明らかとなる。添付図面中：

5 図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る視覚化処理システムのブロック図；

図 2 は、図 1 の視覚化処理システムの処理手順及び処理結果を示す流れ図；

図 3 は、図 2 の流れ図の A 部詳細図；

10 図 4 は、図 2 の流れ図の B 部詳細図；

図 5 は、図 2 の流れ図の C 部詳細図；

図 6 は、図 2 の流れ図の D 部詳細図；

図 7 は、図 2 の流れ図の E 部詳細図；

図 8 は、図 2 の流れ図の F 部詳細図；

15 図 9 は、図 2 の流れ図の G 部詳細図；

図 10 は、図 2 の流れ図の H 部詳細図；

図 11 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る傾斜赤色化立体画像を生成するための視覚化処理システムのブロック図；

20 図 12 は、図 11 の視覚化処理システムにおけるレーザ計測の説明図；

図 13 は、図 11 の視覚化処理システムにおける 8 方向配列の説明図；

図 14 は、図 11 の視覚化処理システムにおける地上開度及び地下開度の原理説明図；

25 図 15 は、図 11 の視覚化処理システムにおける地上開度及び地下開度の主要パターン説明図；

図 1 6 は、図 1 1 の視覚化処理システムにおける地上開度及び地下開度の立体的説明図；

図 1 7 は、図 1 1 の視覚化処理システムにおける地上開度及び地下開度の標本地点及び距離の説明図；

- 5 図 1 8 は、図 1 1 の視覚化処理システムにおけるグレイスケースの割当て説明図；

図 1 9 は、図 1 1 の視覚化処理システムの凸部強調画像生成部、凹部強調画像生成部、及び第 1 の合成部のブロック図；

- 10 図 2 0 は、図 1 1 の視覚化処理システムの斜度強調画像作成部及び第 2 の合成部のブロック図；

図 2 1 は、図 1 1 の視覚化処理システムにおける地上開度画像及び地下開度画像と合成画像との生成過程説明図；

図 2 2 は、図 1 1 の視覚化処理システムにおける傾斜赤色化立体画像の生成過程説明図；

- 15 図 2 3 は、図 1 1 の視覚化処理システムにより得られた富士山青木ヶ原の立体視化画像を示す図；

図 2 4 は、富士山青木ヶ原の天神山スキー場南方地域の航空写真測量に基づく等高線付地形図；

図 2 5 は、同上地域のレーザ測量データに基づく等高線付地形図；

- 20 図 2 6 は、同上地域の立体視化画像を示す拡大図；

図 2 7 は、別の地域の立体視化画像を示す拡大図；

図 2 8 は、別の地域の立体視化画像を示す拡大図；

図 2 9 は、人体の X 線透視図；

図 3 0 は、図 2 9 の透視図の段彩スライス画像；

- 25 図 3 1 は、図 2 9 の透視図を図 1 の視覚化処理システムで処理して得た赤色諧調浮沈度分布画像；そして

図 3 2 は、図 3 1 の画像を図 3 0 の画像に重ねた合成画像である。

発明を実施するための最適な形態

以下に、本発明を実施するための最適な形態を例示的に説明する。

5

(第 1 の実施の形態)

10 先ず、図 1～図 10 を参照して、本発明の第 1 の実施の形態を説明する。図 1 は本実施形態に係る視覚化処理システム VPS1 のブロック図、図 2 は同システム VPS1 の処理手順 P1～P8 及び処理結果 A～I を示す流れ図、そして図 3～図 10 はそれぞれ主要な処理結果 A～H を詳細に示す図である。

図 1 に示すように、視覚化処理システム VPS1 は、ワークステーション、プロセッサ、マイクロコンピュータ、ロジック、レジスタ等の適宜な組み合わせからなる中央情報処理装置 (CPU) 5 1 と、この中央情報
15 処理装置 5 1 に必要な制御・操作情報を入力するキーボード (KB)、マウス、対話型ソフトスイッチ、外部通信チャネル等を含む情報入力部 5 4 と、中央情報処理装置 5 1 から出力された情報を広義な意味で表示・伝送するディスプレイ、プリンタ、外部通信チャネル等を含む情報
出力部 5 5 と、中央情報処理装置 5 1 に読み込まれるオペレーティング
20 システム、アプリケーションプログラム等の情報が格納されたロム (ROM) 等の第 1 の記憶部 5 2 と、中央情報処理装置 5 1 で随時処理すべき情報及び中央情報処理装置 5 1 から随時書き込まれる情報を格納するラム (RAM) 等の第 2 の記憶部 5 3 とを備える。第 1 及び第 2 の記憶部 5 2, 5 3 を適宜統合、細分化することは差し支えない。

25 第 1 の記憶部 5 2 には、所定のアプリケーション上で動作する視覚化処理プログラム 6 0 が格納され、この視覚化処理プログラム 6 0 は、

本実施形態では、中央情報処理装置 5 1 に読み込まれて図 2 に示す 8 つの視覚化処理 P 1 ~ P 8 をそれぞれ実行可能なプログラム群を含む第 1 ~ 第 8 処理ファイル 6 1 ~ 6 8 により構成されるが、それらプログラム群の分類、配備は自由に設定可能である。

- 5 第 2 の記憶部 5 3 には、視覚処理プログラム 6 0 の処理対象となるベクトル場 7 0 が格納される。このベクトル場 7 0 は、実質的に 3 種以上の情報を抽出可能な 1 つ以上の成分を有する情報ベクトルの有限集合（総数 N 個）であればよく、本実施形態の各ベクトルは、富士山地表面の微小な有限分割領域を代表する着目点に関し、その経度情報及び
- 10 緯度情報を参照テーブルで確認可能な識別（Id）番号と、隣接する着目点又は三角基準点に対する高度差とを含む 2 成分ベクトルである。

- 第 1 処理ファイル 6 1 は、 n 番目 ($n=1 \sim N$) に処理した 2 成分ベクトル V_n の識別番号 Id_n と高度差とから、その経度 x_n 、緯度 y_n 、及び海拔高度 z_n を算出し、その値を第 2 の記憶部 5 3 に格納された仮想的な三
- 15 次元（3D）の $X-Y-Z$ 直交座標空間 80 内の対応する座標点 $Q_n = \{X_n = x_n, Y_n = y_n, Z_n = z_n\}$ に対応付けることにより、つまり、記憶部 5 3 内の座標点 Q_n に対応した記憶領域にベクトル V_n の識別番号 Id_n を格納することにより、ベクトル V_n を座標空間 80 に写像し、これを総数 N 個のベクトルについて行うことにより、ベクトル場 7 0 を座
- 20 標空間 80 に写像する（図 2 の処理 P1）。

- 第 1 処理ファイル 6 1 は、更に、座標空間 80 内の総数 N 個又はそれ未満の適宜な個数の Id 付き座標点の列 $\{Q_n : n \leq N\}$ を必要な滑らかさで連結する曲面 S を最小二乗法等で求めて、これを総数 M 個 $\{M \leq N\}$ の微小な面領域 $\{S_m : m \leq M\}$ に分割し、それぞれ着目点 Q_m を定
- 25 め、関連情報を記憶部 5 3 に格納する。

第 2 処理ファイル 6 2 は、各面領域 S_m に関し、その着目点 Q_m から所

定半径内に位置する曲面 S の表側 (Z +側) の局所領域 L_m^+ を確認し、それにより画成される着目点 Q_m 周りの開放度 (即ち、天側に対する見通し立体角又はそれと等価な二回微分値) Ψ_m^+ を求め (図 2 の処理 P2)、面領域 S_m の浮上度として記憶する。この浮上度 Ψ_m^+ を曲面 S 全体に渡り
5 諧調表示した画像を処理結果 A として図 3 に示す。この画像 A は、地形の尾根側、つまり (曲面 S の) 凸部をいかにも凸部らしく明瞭に示す。

第 3 処理ファイル 6 3 は、上記面領域 S_m に関し、その着目点 Q_m から上記所定半径内に位置する曲面 S の裏側 (Z -側) の局所領域 L_m^- を確認
10 し、それにより画成される着目点 Q_m 周りの開放度 (即ち、地側に対する見通し立体角又はそれと等価な二回微分値) Ψ_m^- を求め (図 2 の処理 P3)、面領域 S_m の沈下度として記憶する。この沈下度 Ψ_m^- を曲面 S 全体に渡り諧調表示した画像を処理結果 C として図 5 に示す。この画像 C
15 示す。この画像 C が前記画像 A の単純な反転にならない点に留意する必要がある。

第 4 処理ファイル 6 4 は、上記面領域 S_m に関し、その浮上度 Ψ_m^+ と沈下度 Ψ_m^- とを合目的的に (つまり、尾根と谷のどちらを重視するかに従い) 定めた配分割合 $w^+ : w^-$ ($w^+ + w^- = 0$) で重み付け合成 (w
20 $+ \Psi_m^+ + w^- \Psi_m^-$) することにより、前記所定半径内に位置する曲面 S の表裏の局所領域 L_m (L_m^+ , L_m^-) が着目点 Q_m 周りにもたらす立体的効果を求め (図 2 の処理 P4)、面領域 S_m の浮沈度 Ψ_m として記憶する。この浮沈度 Ψ_m を曲面 S 全体に渡り諧調表示した画像を処理結果 B として
図 4 に示す。この画像 B は、(曲面 S の) の凸部を凸部らしくまた凹部
25 を凹部らしく明瞭に示すことにより、地形の尾根と谷とを際立たせ、視覚的立体感を増強する。なお、画像 B は、上記合成の重み付けが $w^+ =$

$-w^- = 1$ になっている。

ここで、第 6 処理ファイル 6 6 を説明する。このファイル 6 6 は、上記面領域 S_m に関し、その最大傾斜度（又はそれと等価な一回微分値） G_m を、直接的に又は最小二乗法を介し間接的に求め（図 2 の処理 P 6）、

- 5 上記面領域 S_m の斜度 G_m として記憶する。この斜度 G_m を曲面 S 全体に渡り赤系統の色 R で色調表示した画像（の無彩色表示画像）を処理結果 D として図 6 に示す。この画像 D も、地形（つまり曲面 S ）の立体感を視覚的に醸成する効果を持つ。

- 第 5 処理ファイル 6 5 は、三次元座標空間 8 0 をその関連情報（ Ψ_m 、
10 G_m , R ）と共に、情報出力部 5 5 の二次元面 9 0 に写像（図 2 の処理 P5）することにより、前記座標点 Q_m の列を連結する面 S の分割領域 S_m に対応する二次元面 9 0 上の領域 $9 0_m$ に、前記斜度 G_m の R 色調表示を行うとともに、その R 色調の明度について、前記浮沈度 Ψ_m に対応する諧調表示を行う。この画像（の無彩色表示画像）を処理結果 F として
15 図 8 に示す。この画像 F は、地形（つまり曲面 S ）に視覚的立体感が付与されている。

- 図 7 の画像 E は、前記画像 D の情報（つまり斜度 G_m を示す R 色調）と画像 A に対応する浮沈度（つまり浮上度 Ψ_m^+ ）の情報とを処理ファイル 6 5 で二次元面 9 0 に写像（処理 P5）した結果を示し、尾根部が
20 強調されている。

図 9 の画像 G は、前記画像 D の情報（斜度 G_m を示す R 色調）と画像 C に対応する浮沈度（つまり沈下度 Ψ_m^- ）の情報とを処理ファイル 6 5 で二次元面 9 0 に写像（処理 P5）した結果を示し、谷部が強調されている。

- 25 第 7 処理ファイル 6 7 は、前記座標点 Q_n の列のうち、前記ベクトル 7 0 場のベクトル V_n の成分から抽出される属性（本実施形態では海拔

高度 z_n) が等値な座標点 Q_n を連結した属性等値線 (本実施形態では地形の等高線及び外形線) Ea を求めて、これを記憶し、必要に応じ、出力ないしは表示する (図 2 の処理 P 7)。図 2 にその表示処理結果 I を示す。この結果 I も、地形 (つまり曲面 S) の立体形状の把握に寄与する。

第 8 処理ファイル 6 8 は、前記二次元面 9 0 上に、前記三次元座標空間 8 0 をその関連情報 (Ψ_m , G_m , R) と共に写像ないしは出力表示するとともに、上記属性等値線 Ea を写像ないしは出力表示する (図 2 の処理 P 8)。その表示画像 (の無彩色表示画像) を処理結果 H として図 10 に示す。この画像 H も、地形 (つまり曲面 S) に視覚的立体感が付与されている。

従って本実施形態に係る視覚化処理システム VPS1 は、ペクトル場 70 を三次元の座標空間 8 0 に写像して対応する座標点列 Q_m を得る第 1 のオペレータ (6 1) と、前記座標点列を連結する面 S の局所領域 L_m^+ での浮上度 Ψ_m^+ を求める第 2 のオペレータ (6 2) と、前記座標点列を連結する面 S の局所領域 L_m^- での沈下度 Ψ_m^- を求める第 3 のオペレータ (6 3) と、前記浮上度と前記沈下度とを重み付け合成して前記座標点列を連結する面 S の局所領域 L_m での浮沈度 Ψ_m を求める第 4 のオペレータ (6 4) と、前記座標空間 8 0 を二次元面 9 0 に写像し、前記座標点列を連結する面 S の分割領域 S_m に対応する二次元面 9 0 上の領域 9 0_m に前記浮沈度に対応する諧調表示を行う第 5 のオペレータ (6 5) とを備える。ここにオペレータとは、あらかじめ設定もしくはプログラムされた演算処理機能もしくは演算処理命令を実行する要素もしくはその集合又は手段を意味する。

前記視覚化処理システム VPS1 は、更に、前記座標点列を連結する面 S の斜度 G_m 分布を求める第 6 のオペレータ (6 6) を備え、前記第 5

のオペレータ（65）は、前記二次元面90上に前記斜度分布を赤色系の色Rで色調表示し、その明度に関し、前記諧調表示を行う。

前記視覚化処理システムVPS1は、更に、前記座標点列のうち前記ベクトル70場での属性が等値な座標点を連結して属性等値線Eaを得る
5 第7のオペレータ（67）と、前記諧調表示がなされた二次元面90上に前記属性等値線Eaを写像する第8のオペレータ（68）とを備える。

本実施形態によれば、ベクトル場70をその局所的な立体的属性も含め直感的に視認可能な仕方で、実質的な二次元面90上に視覚化できる。

本実施形態に係る視覚化処理方法は、ベクトル場を三次元の座標空間に写像して対応する座標点列を得る第1の工程P1と、前記座標点列を連結する面の局所領域での浮上度を求める第2の工程P2と、前記座標点列を連結する面の局所領域での沈下度を求める第3の工程P3と、前記浮上度と前記沈下度とを重み付け合成して前記座標点列を連結する面の局所領域での浮沈度を求める第4の工程P4と、前記座標空間を二
10 次元面に写像し、前記座標点列を連結する面の分割領域に対応する二次元面上の領域に前記浮沈度を諧調表示する第5の工程P5とを備える。

本実施形態に係る視覚化処理プログラム60は、ベクトル場を三次元の座標空間に写像して対応する座標点列を得る第1の処理P1と、前記座標点列を連結する面の局所領域での浮上度を求める第2の処理P2
20 と、前記座標点列を連結する面の局所領域での沈下度を求める第3の処理P3と、前記浮上度と前記沈下度とを重み付け合成して前記座標点列を連結する面の局所領域での浮沈度を求める第4の処理P4と、前記座標空間を二次元面に写像し、前記座標点列を連結する面の分割領域に対応する二次元面上の領域に前記浮沈度を諧調表示する第5の処理P5と
25 を中央情報処理装置51に行わせるべく機能する。

(第2の実施の形態)

次に、図11～図28を参照して、本発明の第2の実施の形態を説明する。

図11は本実施形態に係る傾斜赤色化立体画像生成装置4を含む視覚化処理システムVPS2全体のブロック図、図12は同システムVPS2におけるレーザ計測の説明図、図13は8方向配列の説明図、図14は地上開度及び地下開度の原理説明図、図15は地上開度及び地下開度の主要パターン説明図、図16は地上開度及び地下開度の立体的説明図、図17は地上開度及び地下開度の標本地点及び距離の説明図、図18はグレイスケースの割当て説明図、図19は凸部強調画像生成部、凹部強調画像生成部、及び第1の合成部のブロック図、図20は斜度強調画像作成部及び第2の合成部のブロック図、図21は地上開度画像及び地下開度画像と合成画像との生成過程説明図、そして図22は傾斜赤色化立体画像の生成過程説明図である。

また図23は視覚化処理システムVPS2により得られた富士山青木ヶ原の立体視化画像、図24は富士山青木ヶ原の天神山スキー場南方地域の航空写真測量に基づく等高線付地形図、図25は同上地域のレーザ測量データに基づく等高線付地形図、図26は同上地域の立体視化画像を示す拡大図、図27は別の地域の立体視化画像を示す拡大図、そして図28は別の地域の立体視化画像を示す拡大図である。

本実施形態は、DEM (Digital Elevation Model) データをもとに、第1実施形態の斜度 G_m に対応する斜度と、第1の実施の形態の浮上度 Ψ_m^+ に相当する地上開度と、第1の実施の形態の沈下度 Ψ_m^- に相当する地下開度との3つのパラメータを求め、その平面分布をグレイスケール画像として保存する。

地上開度と地下開度の差分画像をグレイに、傾斜を赤のチャンネル

にいて、擬似カラー画像を作成することにより、尾根や山頂部分を白っぽく、また谷や窪地を黒っぽく表現し、傾斜が急な部分ほど赤く表現する。このような表現の組み合わせにより、1枚でも立体感のある画像（以下立体赤色化マップともいう）が生成される。

- 5 つまり、本実施形態の立体化マップの立体表現手法は、等高線の間をメッシュ化し、それぞれの隣のメッシュとの差すなわち傾斜は赤の色調で表現し、周辺に比べて高いか低いかはグレイスケールで表現する。これは第1の実施の形態の浮沈度 Ψ_m に相当し、本実施形態では、尾根谷度と呼ばれ、より明るいほうが周辺に比べて高く（尾根的）、より暗い
- 10 ほうが周辺に比べて低い（谷的）ことを示唆し、その明暗を乗算合成することにより立体感が生じる。

- 図11に、本実施形態に係る傾斜赤色化立体画像作成装置4の概略構成を示す。図11に示すように、本実施形態の傾斜赤色化立体画像作成装置4は、以下に説明するコンピュータ機能を備えている。また、この
- 15 傾斜赤色化立体画像作成装置4には、各種データベースが接続される。

- データベース1には、レーザデータ R_i が保存される。このレーザデータ（ R_x 、 R_y 、 R_z ：レーザデータによる座標であることを示すために R を付加）は、図12に示すように対象地域上空（デジタルカメラ撮影範囲が好ましい）を水平飛行する航空機により、下方にレーザ光を
- 20 発射し、往復に要した時間と、航空機の位置、姿勢、発射角度から計算（コンピュータ）によって、地表面の x 、 y 、 z を求めて保存している。前述の飛行位置の把握にはGPS（図示せず）、姿勢の把握にはIMUを用いる。

- レーザ発射器（図示せず2）は、毎秒33000回発射することが可
- 25 能であり、80cmに1点の密度で標高点（ R_x 、 R_y 、 R_z ）の取得が可能である。

1 回のレーザ発射について複数の反射パルスが測定された場合には、最終反射のデータを採用して保存する。

また、受信したレーザデータの分布傾向を検討し、周辺よりもスパイク状が高い点は、通過できなかった樹木のレーザデータと認定して取り除き、さらに樹木以外に家屋や、自動車、橋等のレーザデータも取り除く。従ってデータベース 1 には、地表面のレーザデータ R_i のみが保存される。

データベース 2 には、少なくともデジタルカメラ撮影範囲の等高線地図 H_i (2 万 5 0 0 0 分の 1 : 等高線に番号を付している) を格納する。

10 また、この等高線図の特徴点の座標 (H_x 、 H_y 、 H_z : 等高線図データ) を付加している。

また、データベース 3 にはステレオマッチングデータ M_i を保存している。このステレオマッチングデータ M_i は、同じエリアを撮影した 2 枚の航空写真から立体画像を生成する。例えば、2 枚の写真の内で既知
15 の建物の面を抽出し、この建物の面に Z 値を与えて立体化 (M_x 、 M_y 、 M_z) し、これを基準として他の地物に Z 値を与えて行く。

DEM データ作成部 6 は、データベース 1 のレーザデータ R_i を読み込み、それぞれの同じ標高値を結んだ等高線図を生成し、この等高線図に対して TIN を作成して地面を復元する。そして、TIN と各格子点
20 の交わる点の高さを求め DEM データ (DEM : Digital Elevation Model) を作成する。

また、DEM データ作成部 6 は、データベース 2 に保存されている等高線地図 H_i を読み、等高線同士を結んだ TIN を生成し、これを前述の DEM データにコンバートしている。

25 次に、本実施形態で用いる DEM データについて説明する。例えば、「数値地図 5 0 m メッシュ (標高)」は $1/25,000$ 地形図の縦・

横を各々 200 等分したメッシュ（メッシュ間隔は緯線方向が 2.25 秒、経線方向が 1.50 秒となっている）の中心の標高を 1 m 刻みで読み出して 2 次元配列とする。

また、本実施形態の傾斜赤色化立体画像作成装置 4 は、図 11 に示す
5 ように地上開度データ作成部 9 と、地下開度データ作成部 10 と、傾斜算出部 8 と、凸部強調画像作成部 11 と、凹部強調画像作成部 12 と、斜度強調部 13 と、第 1 の合成部 14 と、第 2 の合成部 15 とを備えている。

本実施形態では、開度という概念を用いている。開度は当該地点が周囲
10 囲に比べて地上に突き出ている程度及び地下に食い込んでいる程度を数量化したものである。つまり、地上開度は、図 14 に示すように、着目する標本地点から距離 L の範囲内で見える空の広さを表しており、また地下開度は逆立ちをして地中を見渡す時、距離 L の範囲における地下の広さを表している。

15 開度は距離 L と周辺地形に依存している。図 15 は 9 種の基本地形についての地上開度及び地下開度を、方位毎の地上角及び地下角の 8 角形グラフで示したものである。一般に地上開度は周囲から高く突き出ている地点ほど大きくなり、山頂や尾根では大きな値をとり窪地や谷底では小さい。逆に地下開度は地下に低く食い込んでいる地点ほど大きくなり、
20 窪地や谷底では大きな値をとり山頂や尾根では小さい。実際には、距離 L の範囲内でも種々の基本地形が混在しているために、地上角及び地下角の 8 角形グラフは変形され開度も種々の値をとることが多い。

前述のように $D\phi L$ 及び $D\psi L$ が L に対して非増加特性をもっていることから、 ΦL 及び ΨL もまた L に対して非増加特性を持っている。

25 また、開度図は計算距離の指定によって、地形規模に適合した情報抽出が可能であり、方向性及び局所ノイズに依存しない表示が可能である。

つまり、尾根線及び谷線の抽出に優れており、豊富な地形・地質情報が判読できるものであり、図16に示すように、一定範囲のDEMデータ上（地表面：立体：図16の（a））において、設定した当該地点Aから8方向のいずれか一方を見たときに最大頂点となる点Bを結ぶ直線L1と、水平線とがなす角度ベクトル θ_i を求める。この角度ベクトルの求め方を8方向に渡って実施し、これらを平均化したものを地上開度 θ_i と称し、一定範囲のDEMデータ上（地表面：立体）に空気層を押し当てた立体（図16の（b））を裏返した反転DEMデータ（図16の（c））の当該地点Aから8方向のいずれか一方を見たときに最大頂点となる点C（一番深い所に相当する）を結ぶ直線L2と、水平線とがなす角度を求める。この角度を8方向に渡って求めて平均化したのを地下開度 ψ_i と称している。

すなわち、地上開度データ作成部9は、着目点から一定距離までの範囲に含まれるDEMデータ上において、8方向毎に地形断面を生成し、それぞれの地点と着目点を結ぶ線（図16の（a）のL1）の傾斜の最大値（鉛直方向から見たとき）を求める。このような処理を8方向に対して行う。傾斜の角度は天頂からの角度（平坦なら90度、尾根や山頂では90度以上、谷底や窪地では90度以下）また、地下開度データ作成部10は、反転DEMデータの着目点から一定距離までの範囲において、8方向毎に地形断面を生成し、それぞれの地点と着目点を結ぶ線の傾斜の最大値（図16の（a）の地表面の立体図において鉛直方向からL2を見たときには最小値）を求める。このような処理を8方向に対して行う。

図16の（a）の地表面の立体図において鉛直方向からL2を見たときの角度 ψ_i は、平坦なら90度、尾根や山頂では90度以下、谷底や窪地では90度以上である。

つまり、地上開度と地下開度は、図 17 に示すように、2つの基本地点 A (i_A, j_A, H_A) と B (i_B, j_B, H_B) を考える。標本間隔が 1 m であることから A と B の距離は

$$P = \{(i_A - i_B)^2 + (j_A - j_B)^2\}^{1/2} \dots (1)$$

5 となる。

図 17 の (a) は標高 0 m を基準として、標本地点の A と B の関係を示したものである。標本地点 A の標本地点 B に対する仰角 θ は

$$\theta = \tan^{-1} \{ (H_B - H_A) / P \}$$

10 与えられる。 θ の符号は① $H_A < H_B$ の場合には正となり、② $H_A > H_B$ の場合には負となる。

着目する標本地点から方位 D 距離 L の範囲内にある標本地点の集合を DSL と記述して、これを「着目する標本地点の D-L 集合」を呼ぶことにする。ここで、

15 $D\beta L$: 着目する標本地点の DSL の各要素に対する仰角のうちの最大値

$D\delta L$: 着目する標本地点の DSL の各要素に対する仰角のうちの最小値

として (図 17 の (b) 参照)、次の定義をおこなう。

定義 1 : 着目する標本地点の D-L 集合の地上角及び地下角とは、各々

20 $D\phi L = 90 - D\beta L$

及び

$$D\psi L = 90 + D\delta L$$

を意味するものとする。

25 $D\phi L$ は着目する標本地点から距離 L 以内で方位 D の空を見ることが
できる天頂角の最大値を意味している。一般に言われる地平線角とは L
を無限大にした場合の地上角に相当している。また、 $D\psi L$ は着目する

標本地点から距離 L 以内で方位 D の地中を見ることができる天底角の最大値を意味している。 L を増大させると、 DSL に属する標本地点の数は増加することから、 $D\beta L$ に対して非減少特性を持ち、逆に $D\delta L$ は非増加特性を持つ。したがって $D\phi L$ 及び $D\psi L$ は共に L に対して

5 非増加特性を持つことになる。

測量学における高角度とは、着目する標本地点を通過する水平面を基準にして定義される概念であり、 θ とは厳密には一致しない。また地上角及び地下角を厳密に議論しようとするれば、地球の曲率も考慮しなければならず、定義 1 は必ずしも正確な記述ではない。定義 1 はあくまでも

10 DEMを用いて地形解析をおこなうことを前提として定義された概念である。

地上角及び地下角は指定された方位 D についての概念であったが、これを拡張したものとして、次の定義を導入する。

定義 II：着目する標本地点の距離 L の地上開度及び地下開度とは、

15 各々 $\Phi L = (0\phi L + 45\phi L + 90\phi L + 135\phi L + 180\phi L + 225\phi L + 270\phi L + 315\phi L) / 8$

及び

$\Psi L = (0\psi L + 45\psi L + 90\psi L + 135\psi L + 180\psi L + 225\psi L + 270\psi L + 315\psi L) / 8$

20 を意味するものとする。

地上開度は着目する標本地点から距離 L の範囲内で見える空の広さを表しており、また地下開度は逆立ちをして地中を見渡す時、距離 L の範囲における地下の広さを表している（図 14 参照）。

傾斜算出部 8 は、DEM データを正方形にメッシュ化し、このメッシュ上の着目点と隣接する正方形の面の平均傾斜を求める。隣接する正方形は 4 通り存在しており、いずれか一つを着目正方形とする。そして、

25

この着目正方形の4隅の高度と平均傾斜とを求める。平均傾斜は最小二乗法を用いて4点から近似した面の傾きである。

凸部強調画像作成部11は、図18(a)に示すように、尾根、谷底を明るさで表現するための第1のグレイスケールを備え、地上開度データ作成部9が地上開度(着目点からLの範囲を8方向見たときの、平均角度:高いところにいるかを判定するための指標)を求める毎に、この地上開度 θ_i の値に対応する明るさ(明度)を算出する。

例えば、地上開度の値が40度から120度程度の範囲に収まる場合は、50度から110度を第1のグレイスケールに対応させ、255階調に割り当てる。

つまり、尾根の部分(凸部)の部分ほど地上開度の値が大きいのので、色が白くなる。

そして、図19に示すように、凸部強調画像作成部11の凸部強調用色割当処理20が地上開度画像データDaを読み、着目点(座標)を有するメッシュ領域(DEMデータの同じZ値を繋いだ等高線を正方形でメッシュ化し(例えば1m)、このメッシュの4隅のいずれかの点を着目点としている場合)に、第1のグレイスケールに基づく色データを割り付け、これを地上開度ファイル21に保存(地上開度画像データDpa)する。次に、階調補部22がこの地上開度画像データDpaの色階調を反転させた地上開度レイヤーDpをファイル23に保存する。つまり、尾根が白くなるように調整した地上開度レイヤーDpを得ている。

凹部抽出部12は、図18(b)に示すように、谷底、尾根を明るさで表現するための第2のグレイスケールを備え、地下開度データ作成部10が地下開度 ψ_i (着目点から8方向の平均)を求める毎に、この地上開度 ψ_i の値に対応する明るさを算出する。

例えば、地下開度の値が40度から120度程度の範囲に収まる場合

は、50度から110度を第2のグレイスケールに対応させ、255諧調に割り当てる。

つまり、谷底の部分（凹部）の部分ほど地下開度の値が大きいので、色が黒くなることになる。

- 5 そして、図19に示すように、凹部強調画像作成部12の凹部強調用色割当処理25は、地下開度画像データD_bを読み、着目点（座標）を有するメッシュ領域（DEMデータの同じZ値を繋いだ等高線を正方形でメッシュ化し（例えば1m）、このメッシュの4隅のいずれかの点を着目点としている場合）に、第2のグレイスケールに基づく色データを
- 10 割り付け、これを地下開度ファイル26に保存する。次に、諧調補正処理27が地下開度画像データD_bの色諧調を補正する。
- 色が黒くなり過ぎた場合は、トーンカーブを補正した度合いの色にする。これを地下開度レイヤーD_qと称してファイル28に保存する。

- 15 斜度強調部13は、図18（c）に示すように、傾斜の度合いを明るさで表現するに依じたで表現するための第3のグレイスケールを備え、傾斜算出部8が傾斜度（着目点から4方向の平均）を求める毎に、この傾斜度の値に対応する第3のグレイスケールの明るさ（明度）を算出する。

- 20 例えば、斜度 α_i の値が0度から70度程度の範囲に収まる場合は、0度から50度を第3のグレイスケールに対応させ、255諧調に割り当てる。つまり、0度が白、50度以上が黒。傾斜 α の大きい地点ほど色が黒くなる。

- 25 そして、図20に示すように、斜度強調画像作成部13の斜度強調用色割当処理30は、地下開度画像データD_bと地上開度画像データD_aとの差画像を斜度画像D_r_aとしてファイル31に保存する。

このとき、着目点（座標）を有するメッシュ領域（DEMデータの同

- じZ値を繋いだ等高線を正方形でメッシュ化し（例えば1m）、このメッシュの4隅のいずれかの点を着目点としている場合）に、第3のグレイスケールに基づく色データを割り付ける。次に、赤色処理がRGBカラーモード機能でRを強調する。つまり、傾斜が大きいほど赤が強調された傾斜強調画像D_rをファイル33に得る。

第1の合成部14は、地上開度レイヤーD_pと地下開度レイヤーD_qとを乗算して合成した合成画像D_h（ $D_h = D_p + D_l$ ）を得る。このとき、谷の部分が潰れないように両方のバランスを調整する。

- 前述の「乗算」というのは、フォトショップ（photoshop）上のレイヤーモードの用語で、数値処理上はOR演算となる。

明度	グレイスケール	i-1	i	i+1
高いほど明るい	地上	36	52	45
高いほど暗い	地下	32	48	61
	計	68	100	106

このバランス調整は、地上開度と地下開度の値の配分は、ある地点を地点を中心として一定の半径（ $L/2$ ）の地表面を切り取る。

空全体が一様な明るさの場合に地表面から見上げる空の広さが地面の明るさを与える。

- つまり、地上開度が明るさとなる。しかし、光が回り込むことまで考えると、地下開度の値も考慮すべきである。

この両者の比をどのようにすべきかで、地形の尾根の部分を強調したり、任意に変化させることができる。谷の中の地形を強調したいときはbの値を大きくする。

- 明るさの指標 = $a \times \text{地上開度} - b \times \text{地下開度}$

但し、 $a + b = 1$

すなわち、図21に示すように、地上開度レイヤーD_p（尾根を白強

調)と地下開度レイヤー D_q (底を黒く強調)と乗算合成した灰色の諧調表現の合成画像を得る($D_h = D_p + D_l$)。

一方、第2の合成部は、ファイルの傾斜強調画像 D_r と第1の合成部で合成して得た合成画像 D_h と合成した尾根が赤色で強調された立体赤色化画像 K_i を得て、表示部に表示する。

すなわち、図22に示すように、地上開度レイヤー D_p (尾根を白強調)と地下開度レイヤー D_q (底を黒く強調)と乗算合成した灰色の諧調表現の合成画像 D_h を得ると共に、斜度画像 D_{ra} に対して傾斜が多きほど赤が強調された傾斜強調画像 D_r を得る。

10 そして、この傾斜強調画像 D_r と合成画像 D_h とを合成する。

図23は、本実施形態の処理を用いた青木ヶ原一帯の立体地図である。図23に示すよう、天神山スキー場の直ぐ南にある氷穴火口列は青木ヶ原溶岩流を流出させた火口の一つである。空中写真では深い樹林に阻害され、その位置を確認することが困難である。また、航空測量による等高線地図では氷穴火口列は表現することが困難(図24参照)であったが、レーザデータによる地図(図25参照)では氷穴火口列らしいことが分かる。

これに対して、本実施形態の立体映像によれば、図26に示すように氷穴火口列であることがハッキリ分かると共に、溶岩流が作る凹凸や登山道も分かる。

また、図27及び図28は拡大図であり、溶岩流れ、道路の傾斜、凹凸が視覚的に分かる。

なお、上記実施の形態の手法は、金星の地形や火星の地形に適用できる。さらに、電子顕微鏡で測定された凹凸の可視化にも適用できる。また、ゲーム機器に適用すれば、めがねをかけなくとも立体感が得られる。

以上のように、本実施形態によれば、DEM(Digital Elevation

Model) データをもとに、傾斜、地上開度、地下開度の3つのパラメータを求め、平面分布をグレイスケール画像として保存。地上開度と地下開度の差分画像をグレイに、傾斜を赤のチャンネルにいて、擬似カラー画像を作成することによって、尾根や山頂部分が白っぽく、谷や窪地が黒っぽく表現し、傾斜が急な部分ほど赤く表現する。このような表現の組み合わせにより、1枚でも立体感のある画像が生成できる。このため、一目で凹凸の高低の度合い及び傾斜の度合いを把握させることができる。

10 (第3の実施の形態)

次に、図29～図32を参照して、図1の視覚化処理システムVPS1を援用した本発明の第3の実施の形態を説明する。

図29は人体のX線透視図、図30は同透視図の段彩スライス画像、図31は同透視図を上記視覚化処理システムVPS1で処理して得た赤色諧調浮沈度分布画像、そして図32は図31の画像を図30の画像に重ねた合成画像である。

図30の段彩スライス画像は、図29のX線透視図の各画素の色相をその明度に応じスライスし段彩化した画像で、本実施形態では、上記画素の位置情報と明度とを成分とするベクトルの場を視覚化処理システムVPS1のベクトル場70として記憶部53に格納し、視覚化処理プログラム60の第7処理ファイル67による処理P7の結果として情報出力部55に表示される。

また図31の赤色諧調浮沈度分布画像が、視覚化処理プログラム60の第5処理ファイル65による処理P5の結果として情報出力部55に表示される。

そして図32の合成画像が、視覚化処理プログラム60の第8処理フ

ファイル 6 8 による処理 P 8 の結果として情報出力部 5 5 に表示される。

産業上の利用可能性

本発明によれば、ペクトル場その局所的な立体的属性も含め直感的
5 に視認可能な仕方で実質的に二次元の視野上に視覚化することが可能な
視覚化処理システム、視覚化処理方法、及び視覚化処理プログラムが提
供される。

また、地形の高低及び勾配の度合いを一目で立体的に把握できる傾
斜赤色化立体画像を生成する視覚化処理システム、視覚化処理方法、及
10 び視覚化処理プログラムが提供される。

請求の範囲

1. ベクトル場 (70) を三次元の座標空間 (80) に写像して対応する座標点列を得る第1のオペレータ (61) と、

前記座標点列を連結する面の局所領域での浮上度 (A) を求める第2のオペレータ (62) と、

前記座標点列を連結する面の局所領域での沈下度 (C) を求める第3のオペレータ (63) と、

前記浮上度 (A) と前記沈下度 (C) とを重み付け合成して前記座標点列を連結する面の局所領域での浮沈度 (B) を求める第4のオペレータ (64) と、

前記座標空間 (80) を二次元面 (90) に写像し、前記座標点列を連結する面の局所領域に対応する二次元面 (90) 上の領域に前記浮沈度に対応する諧調表示 (F) を行う第5のオペレータ (65) と
を備えることを特徴とする視覚化処理システム (VPS1; VPS2) 。

15

2. 前記浮上度 (B) は、前記座標点列を連結する面の局所領域における片面側の立体角で表されることを特徴とする請求項1に記載の視覚化処理システム (VPS1; VPS2) 。

20 3. 前記沈下度 (C) は、前記座標点列を連結する面の局所領域における他面側の立体角で表されることを特徴とする請求項2に記載の視覚化処理システム (VPS1; VPS2) 。

4. 更に、前記座標点列を連結する面の斜度分布 (D) を求める第6のオペレータ (66) を備え、

25

前記第5のオペレータ (65) は、前記二次元面 (90) 上に前記

斜度分布 (D) を色調表示 (F) し、その明度に関し前記諧調表示 (F) を行う

ことを特徴とする請求項 1 に記載の視覚化処理システム (VPS1;VPS2) 。

5

5. 前記第 5 のオペレータ (6 5) は、前記斜度分布 (D) を赤色系の色で色調表示 (F) することを特徴とする請求項 4 に記載の視覚化処理システム (VPS1;VPS2) 。

10 6. 更に、前記座標点列のうち前記ベクトル場 (7 0) での属性が等値な座標点を連結して属性等値線 (I) を得る第 7 のオペレータ (6 7) と、

前記諧調表示 (F) がなされた二次元面 (9 0) 上に前記属性等値線 (I) を写像する第 8 のオペレータ (6 8) と

15 を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の視覚化処理システム (VPS1;VPS2) 。

7. ベクトル場 (7 0) を三次元の座標空間 (8 0) に写像して対応する座標点列を得る第 1 の手段 (6 1) と、

20 前記座標点列を連結する面の局所領域での浮上度 (A) を求める第 2 の手段 (6 2) と、

前記座標点列を連結する面の局所領域での沈下度 (C) を求める第 3 の手段 (6 3) と、

前記浮上度 (A) と前記沈下度 (C) とを重み付け合成して前記座標
25 点列を連結する面の局所領域での浮沈度 (B) を求める第 4 の手段 (6 4) と、

前記座標空間（８０）を二次元面（９０）に写像し、前記座標点列を連結する面の局所領域に対応する二次元面（９０）上の領域に前記浮沈度（Ｂ）に対応する諧調表示（Ｆ）を行う第５の手段（６５）とを備えることを特徴とする視覚化処理システム（VPS1;VPS2）。

5

８．ベクトル場（７０）を三次元の座標空間（８０）に写像して対応する座標点列を得る第１の工程（P1）と、

前記座標点列を連結する面の局所領域での浮上度（Ａ）を求める第２の工程（P2）と、

10 前記座標点列を連結する面の局所領域での沈下度（Ｃ）を求める第３の工程（P3）と、

前記浮上度（Ａ）と前記沈下度（Ｃ）とを重み付け合成して前記座標点列を連結する面の局所領域での浮沈度（Ｂ）を求める第４の工程（P4）と、

15 前記座標空間（８０）を二次元面（９０）に写像し、前記座標点列を連結する面の局所領域に対応する二次元面（９０）上の領域に前記浮沈度（Ｂ）を諧調表示（Ｆ）する第５の工程（P5）とを備えることを特徴とする視覚化処理方法。

20 ９．ベクトル場（７０）を三次元の座標空間（８０）に写像して対応する座標点列を得る第１の処理（P1）と、

前記座標点列を連結する面の局所領域での浮上度（Ａ）を求める第２の処理（P2）と、

25 前記座標点列を連結する面の局所領域での沈下度（Ｃ）を求める第３の処理（P3）と、

前記浮上度（Ａ）と前記沈下度（Ｃ）とを重み付け合成して前記座標

点列を連結する面の局所領域での浮沈度 (B) を求める第 4 の処理 (P4) と、

前記座標空間 (80) を二次元面 (90) に写像し、前記座标点列を連結する面の局所領域に対応する二次元面 (90) 上の領域に前記浮
5 沈度 (B) を諧調表示 (F) する第 5 の処理 (P5) と

をコンピュータ (51) に行わせるべく機能することを特徴とする視覚化処理プログラム (60)。

10 10. 3次元座標が付与されている多数のデジタルデータを記憶したデータベースと、

コンピュータとからなり、

前記コンピュータは、

前記デジタルデータの同じ Z 値を有する 3次元座標を繋いだ等高線を有する立体等高線画像を生成する手段と、

15 前記等高線の間をメッシュ化する手段と、

それぞれのメッシュに着目点を割り付け、該着目点を有するメッシュの隣同士のメッシュとの Z 値の差の平均を求める手段と、

この平均の差の大きさの度合いに応じた赤の諧調を前記着目点を有するメッシュに割り当てた傾斜赤色化画像を生成する手段と、

20 前記着目点を有するメッシュの尾根谷度に応じて明度を変えたグレイスケール画像を生成する手段と、

前記傾斜赤色化画像と前記グレイスケール画像とを乗算合成することで、傾斜の度合い及び高低の度合いを色で表現した傾斜赤色化立体画像を画面に表示する手段と

25 を備える

ことを特徴とする傾斜赤色化立体画像を生成するための視覚化処理

システム（VPS1）。

1 1. デジタルデータの同じZ値を有する3次元座標を繋いだ等高線を有する立体等高線画像を生成する工程と、

5 前記等高線の間をメッシュ化する工程と、

それぞれのメッシュに着目点を割り付け、該着目点を有するメッシュの隣同士のメッシュとのZ値の差の平均を求める工程と、

この平均の差の大きさの度合いに応じた赤の諧調を前記着目点を有するメッシュに割り当てた傾斜赤色化画像を生成する工程と、

10 前記着目点を有するメッシュの尾根谷度に応じて明度を変えたグレイスケール画像を生成する工程と、

前記傾斜赤色化画像と前記グレイスケール画像とを乗算合成することで、傾斜の度合い及び高低の度合いを色で表現した傾斜赤色化立体画像を画面に表示する工程と

15 を備えることを特徴とする傾斜赤色化立体画像を生成するための視覚化処理方法。

1 2. コンピュータを、

3次元座標が付与されている多数のデジタルデータを読み出す手段、

20 前記デジタルデータの同じZ値を有する3次元座標を繋いだ等高線を有する立体等高線画像を生成する手段、

前記等高線の間をメッシュ化する手段、

それぞれのメッシュに着目点を割り付け、該着目点を有するメッシュの隣同士のメッシュとのZ値の差の平均を求める手段、

25 この平均の差の大きさの度合いに応じた赤の諧調を前記着目点を有するメッシュに割り当てた傾斜赤色化画像を生成する手段、

前記着目点を有するメッシュの尾根谷度に応じて明度を変えたグレイスケール画像を生成する手段、及び

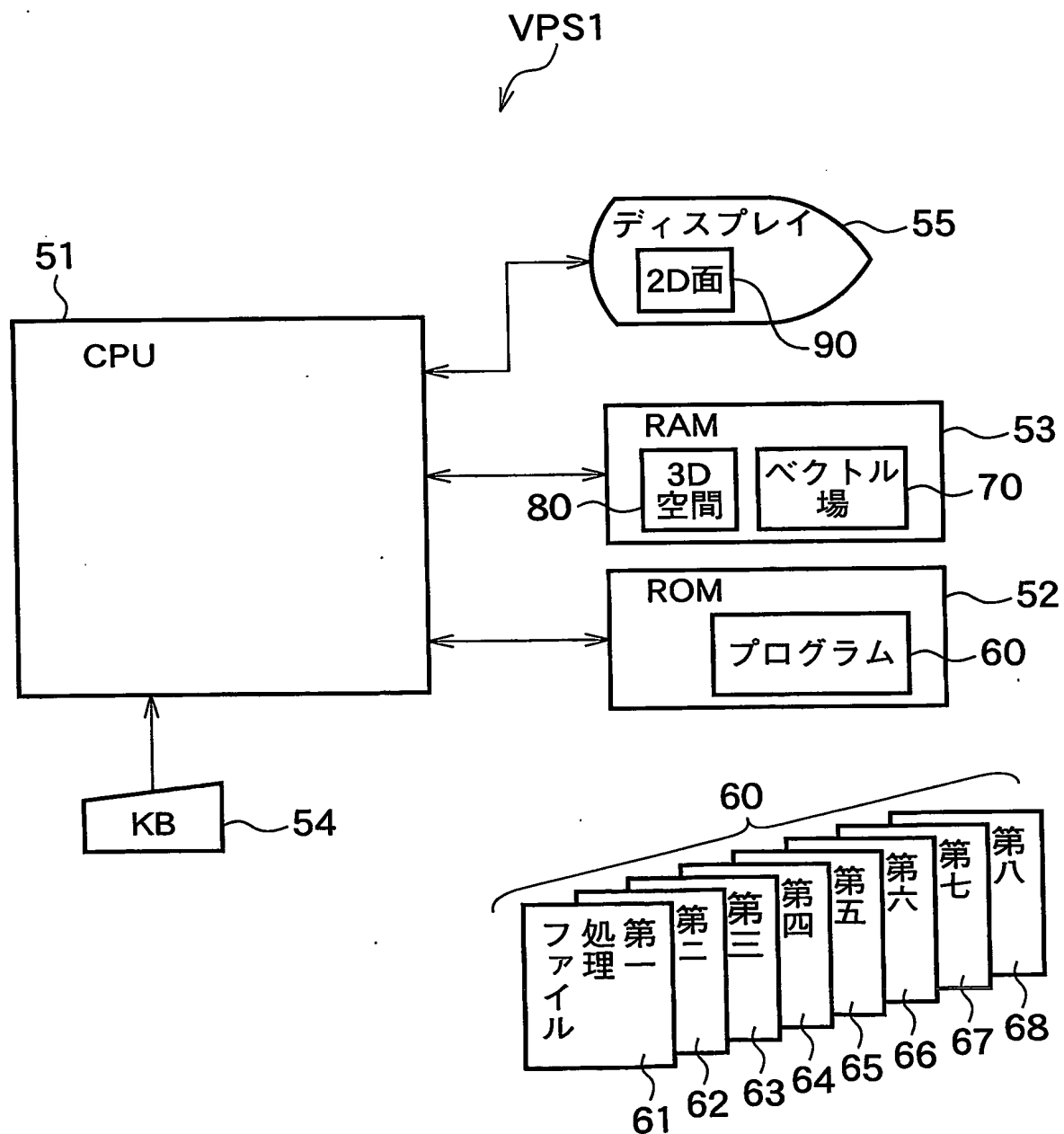
前記傾斜赤色化画像と前記グレイスケール画像とを乗算合成することで、傾斜の度合い及び高低の度合いを色で表現した傾斜赤色化立体画

5 像を画面に表示する手段

として機能させることを特徴とする傾斜赤色化立体画像を生成するための視覚化処理プログラム。

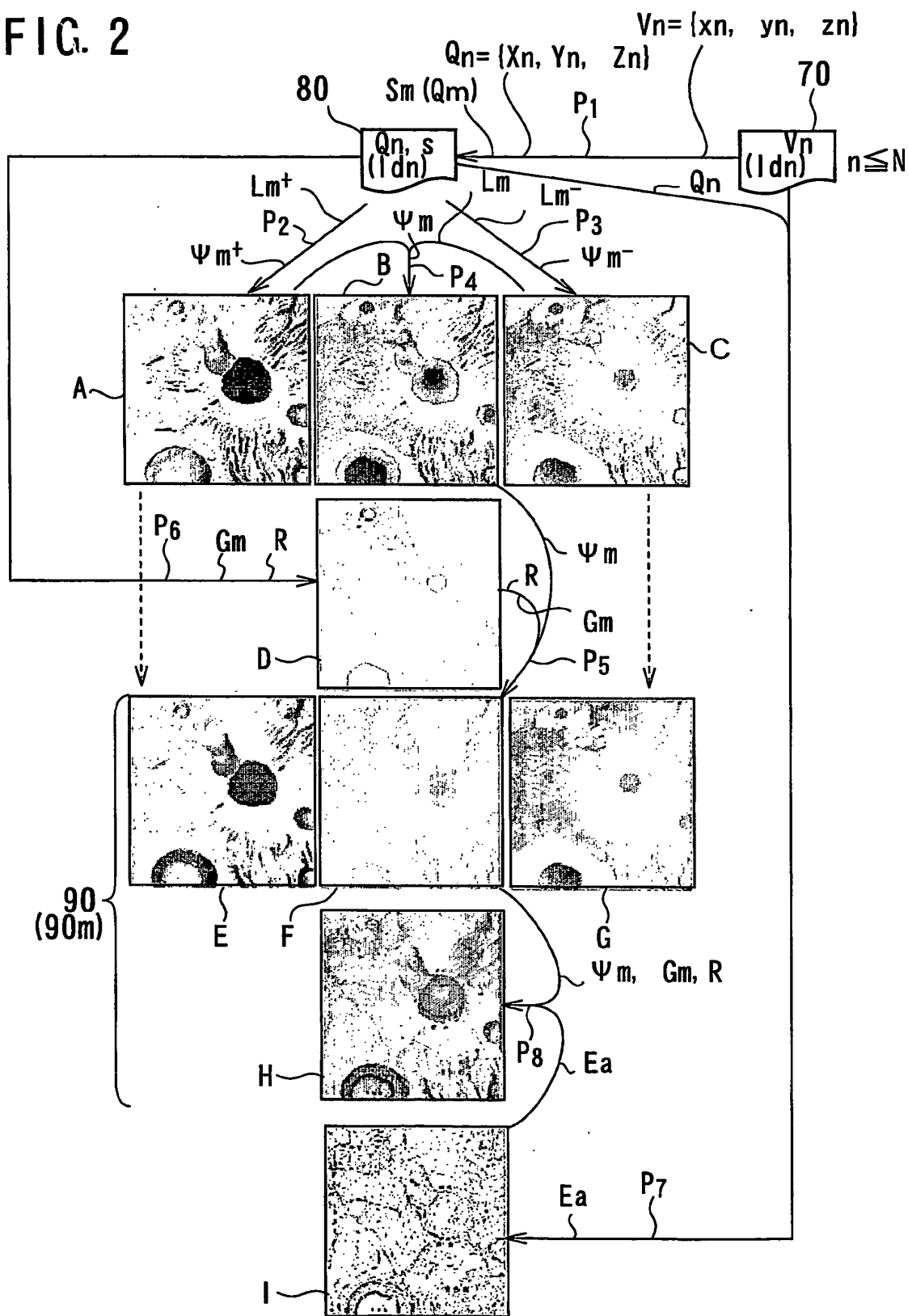
1/30

FIG.1



2/30

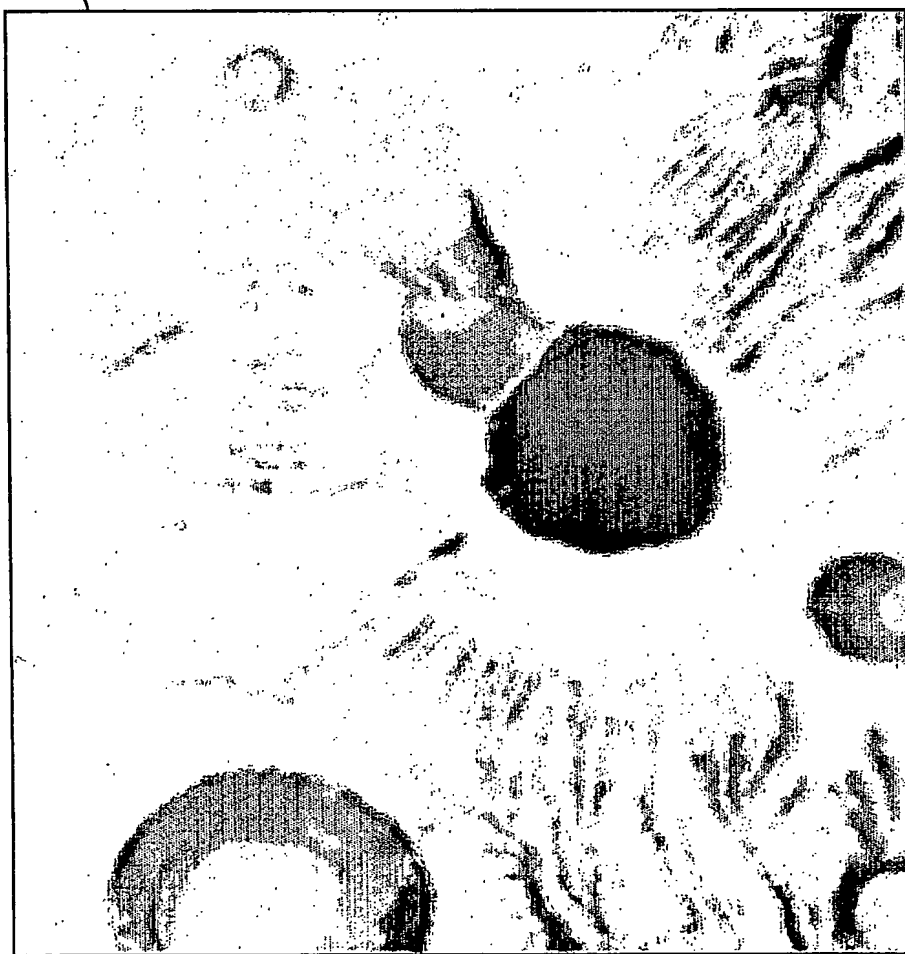
FIG. 2



3/30

FIG. 3

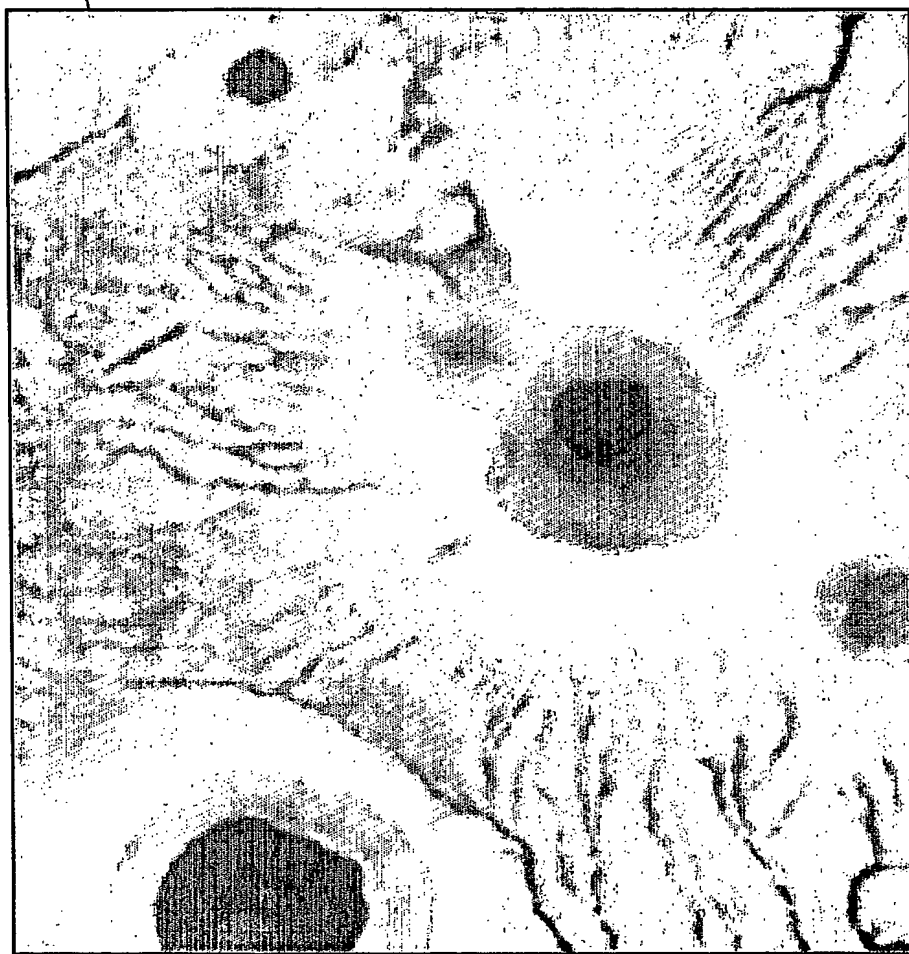
A (Ψ_m^+)



4/30

FIG. 4

B (Ψ_m)



5/30

FIG. 5

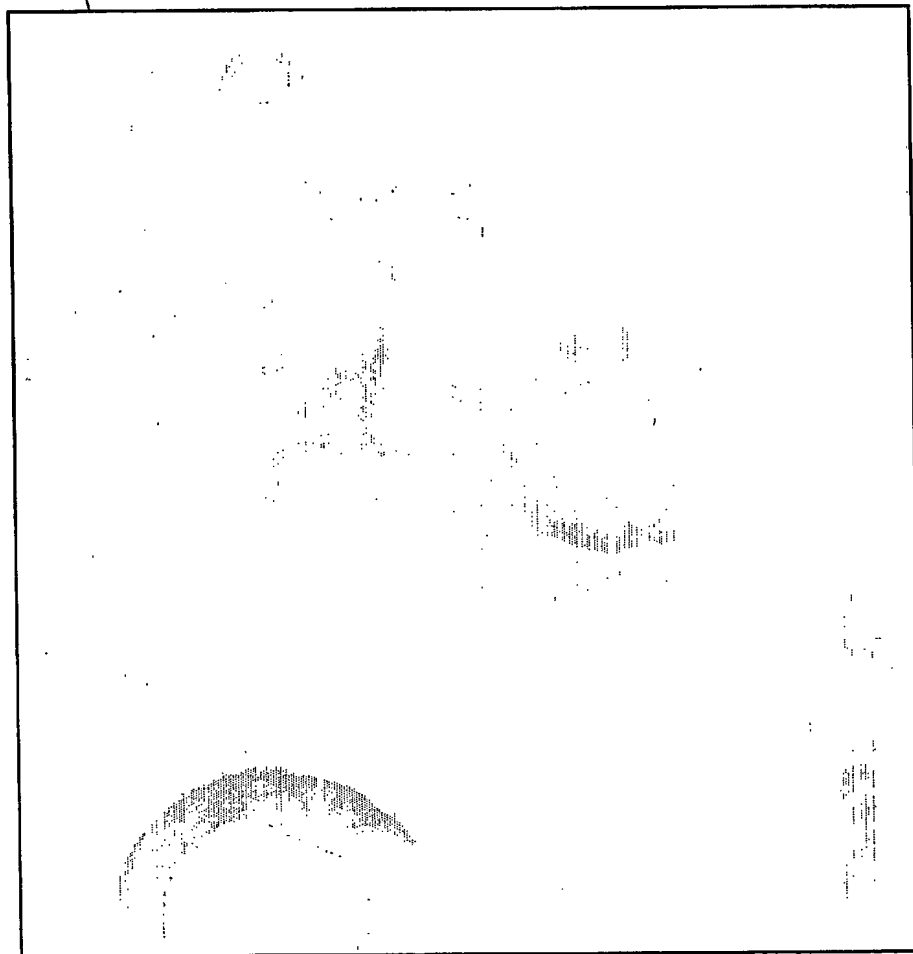
C (Ψ_m)



6/30

FIG. 6

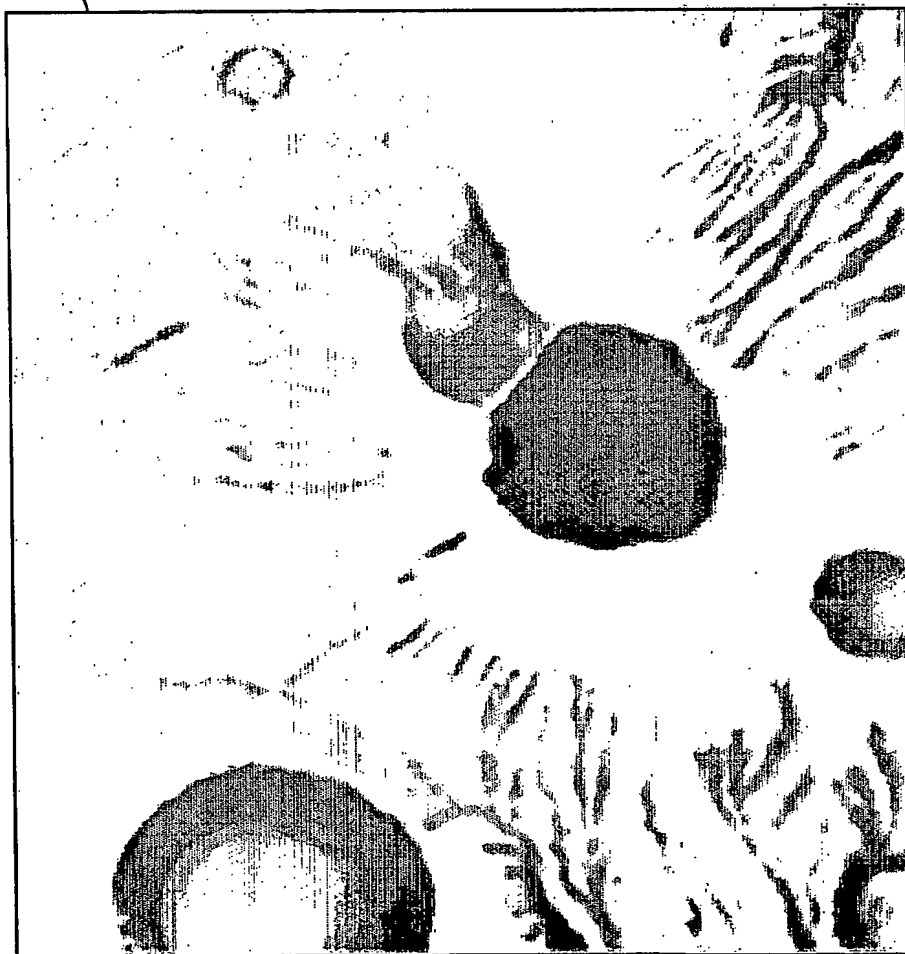
D (Gm, R)



7/30

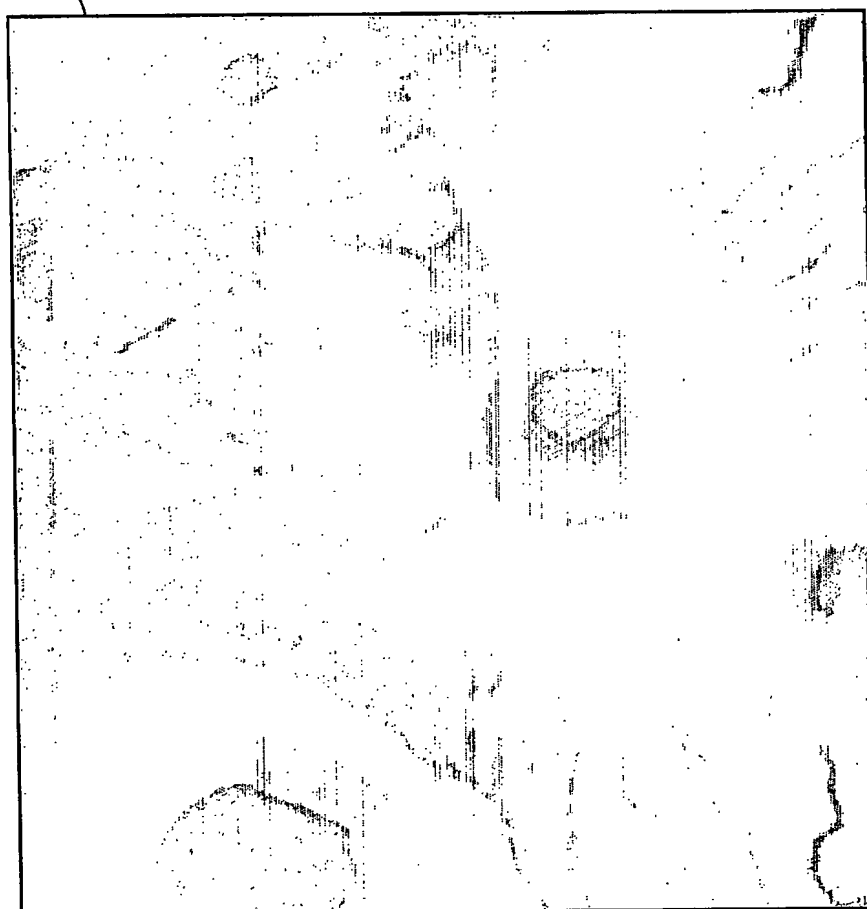
FIG. 7

E (Ψ_m^- , Gm, R)



8/30

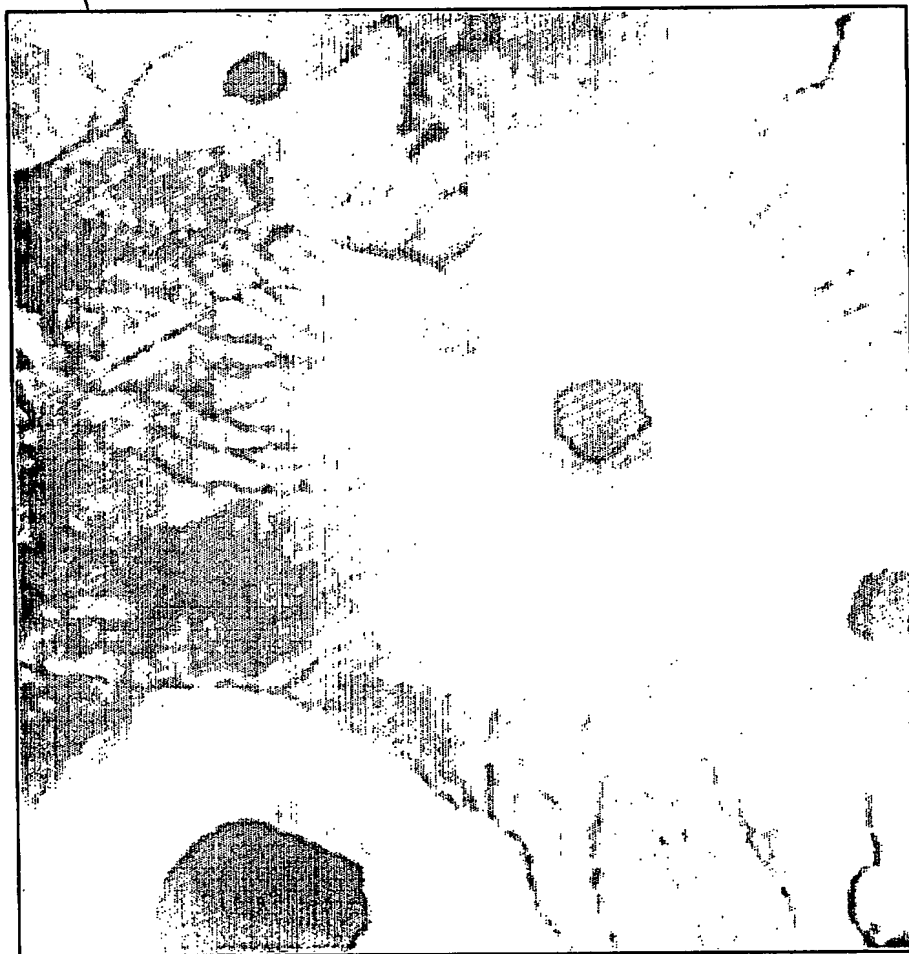
FIG. 8

 $F(\psi_m, G_m, R)$ 

9/30

FIG. 9

$G(\Psi_m^+, G_m, R)$



10/30

FIG. 10

$H(\Psi_m, G_m, R, Ea)$



11/30

FIG. 11

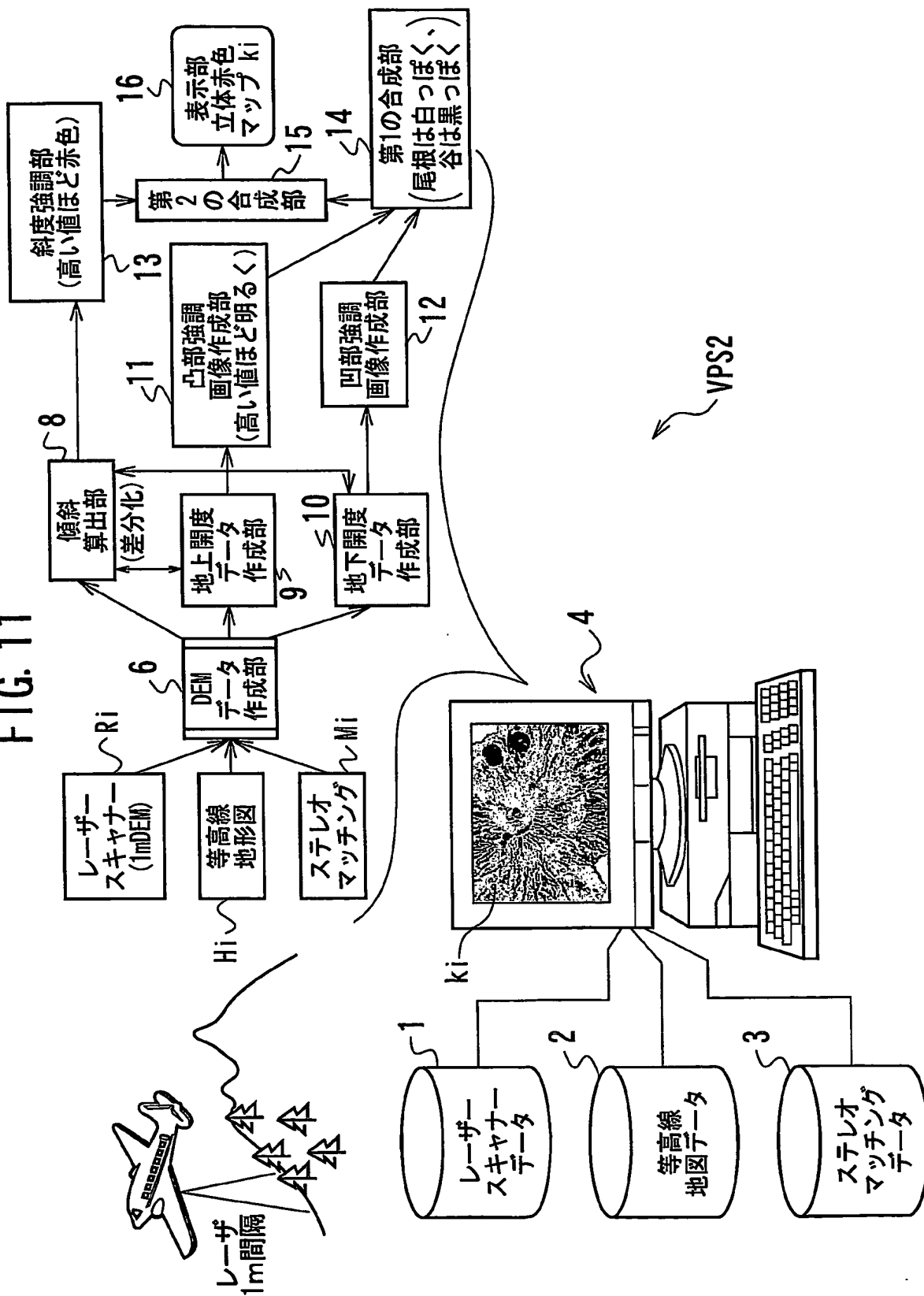
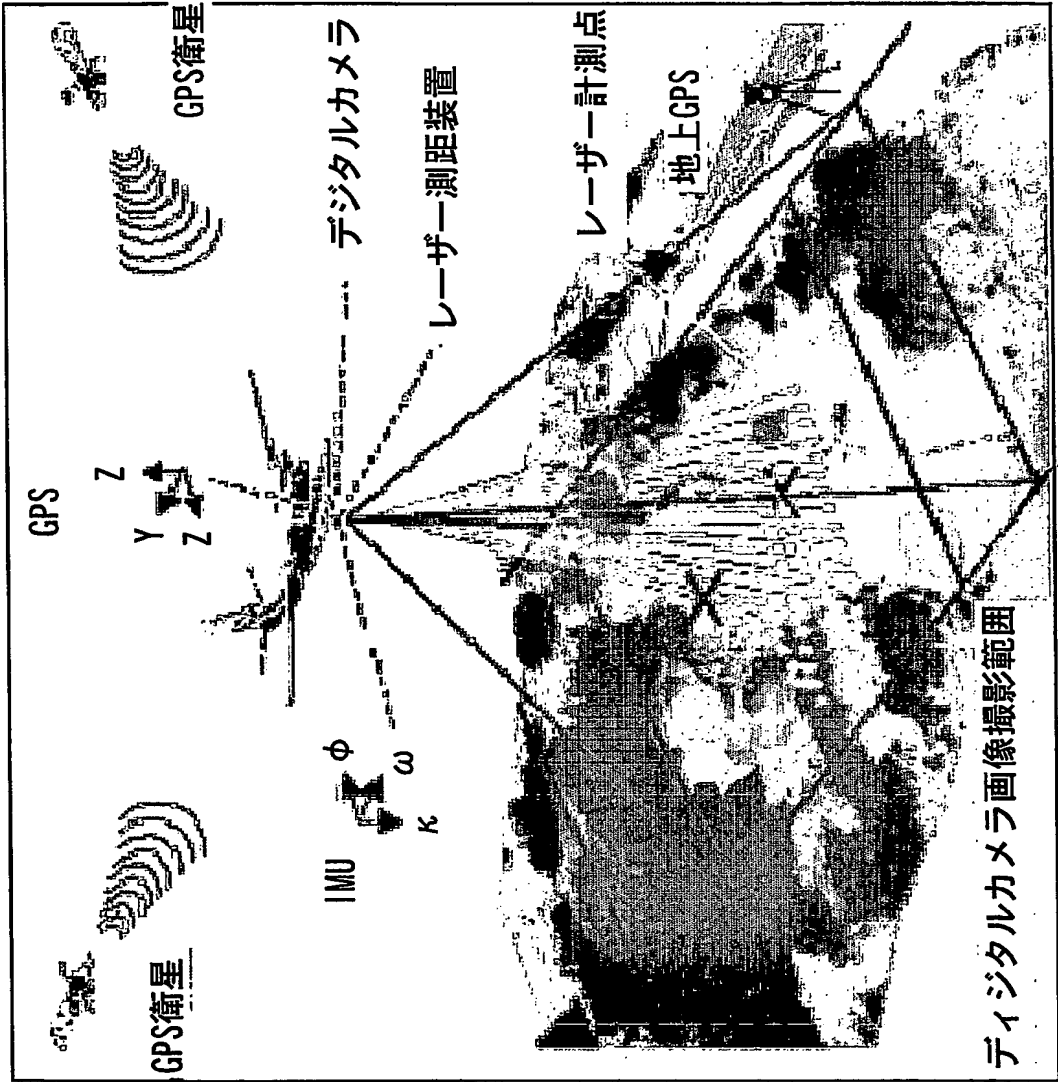
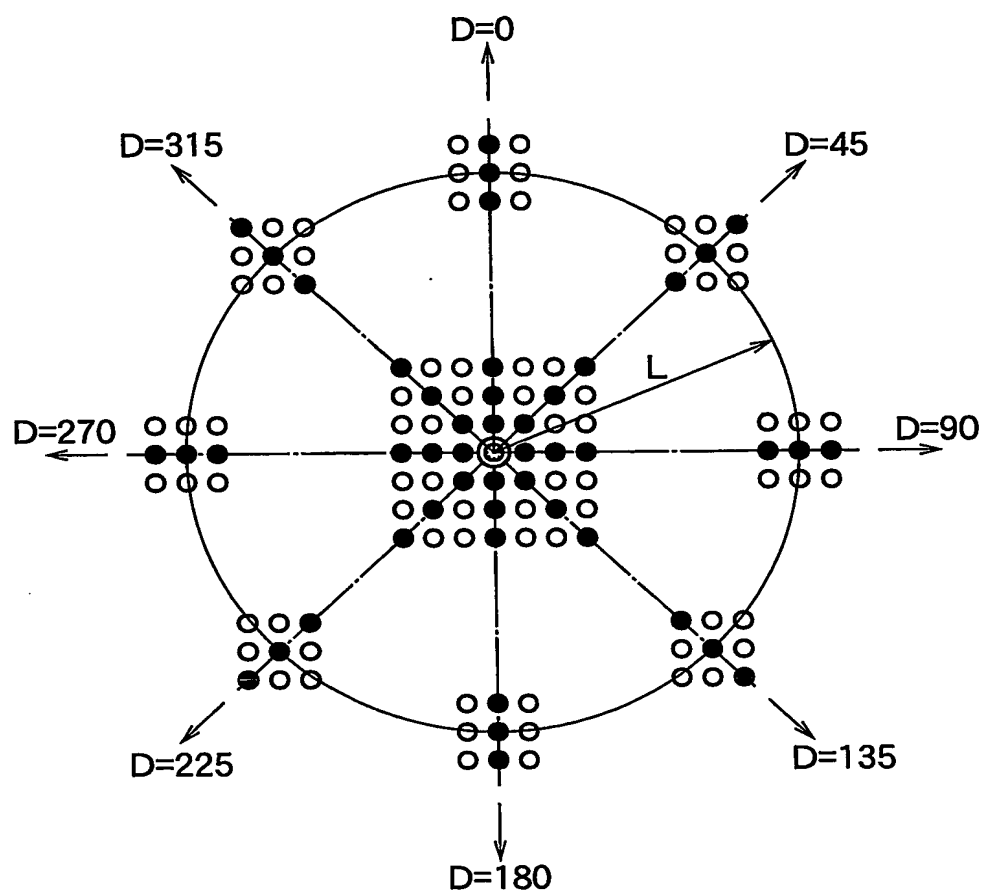


FIG. 12



13/30

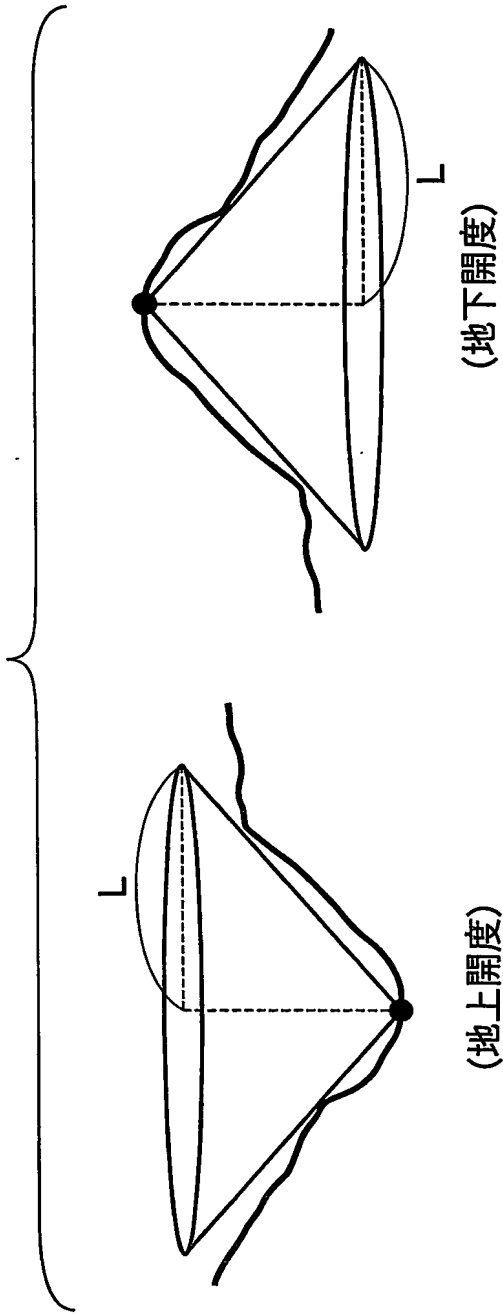
FIG.13



: UTM-DEMにおいて着目する標本地点(◎印)を中心にした
標本地点の配列の状況。

●印は8方位にある標本地点を意味し、○印は他の標本地点を意味する。

FIG.14



着目する標本地点(●印)における開度。

FIG.15 : 基本地形の中の着目する標本地点(●印)の地上開度と地下開度。
開度は平地の地上角及び地下角(90度となる)を5目盛とする方位別の相対的尺度の8角形グラフで示している。

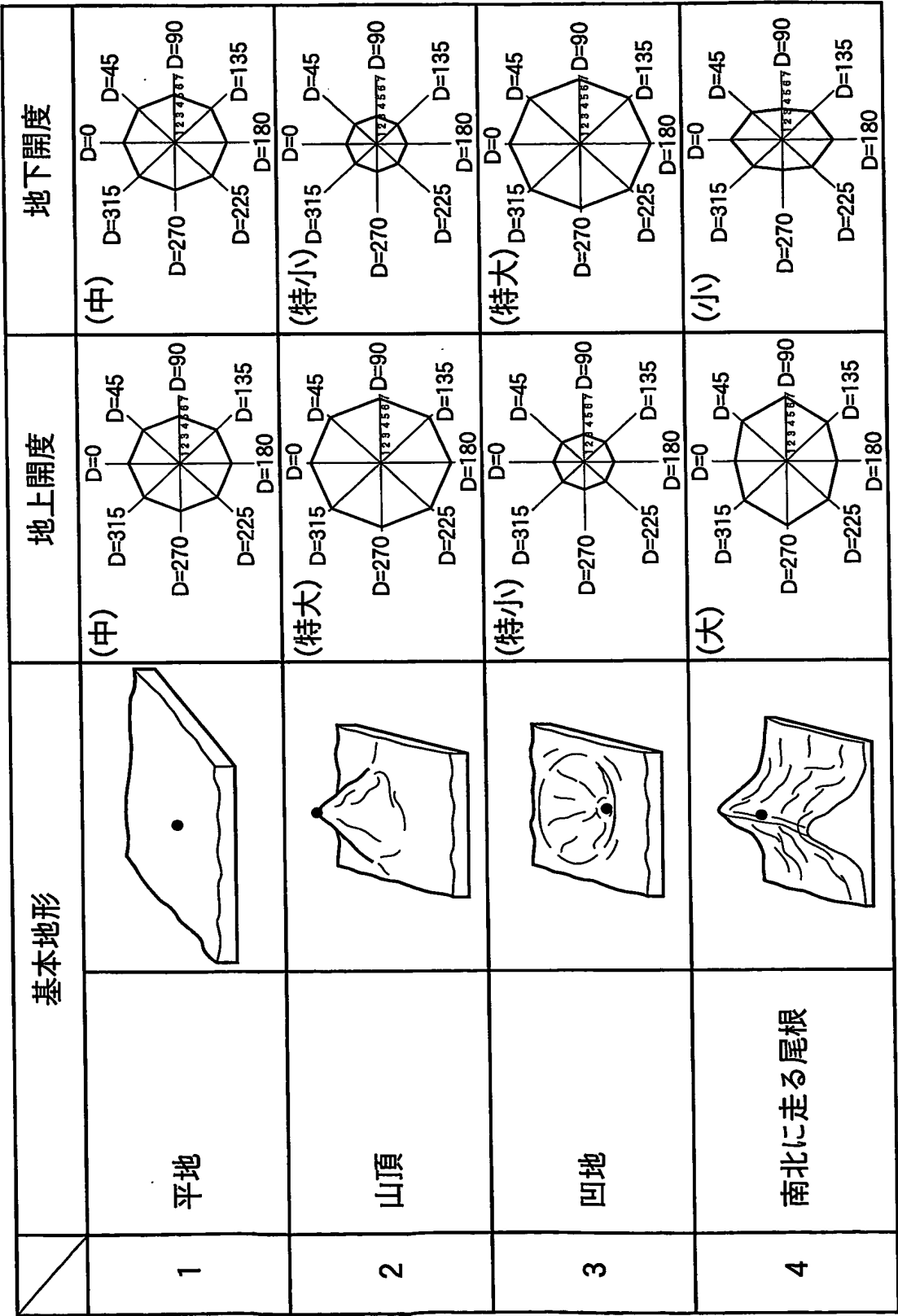
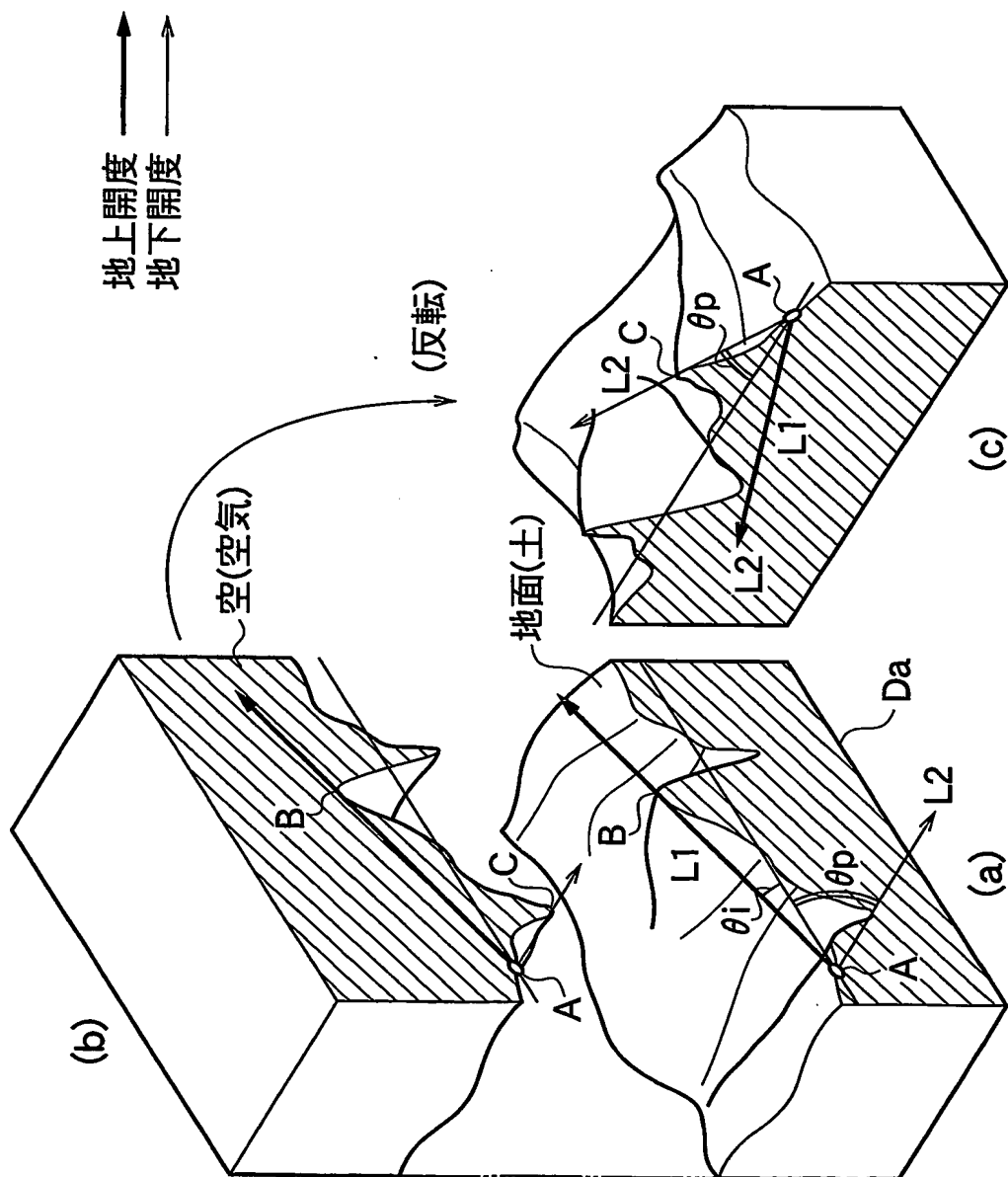
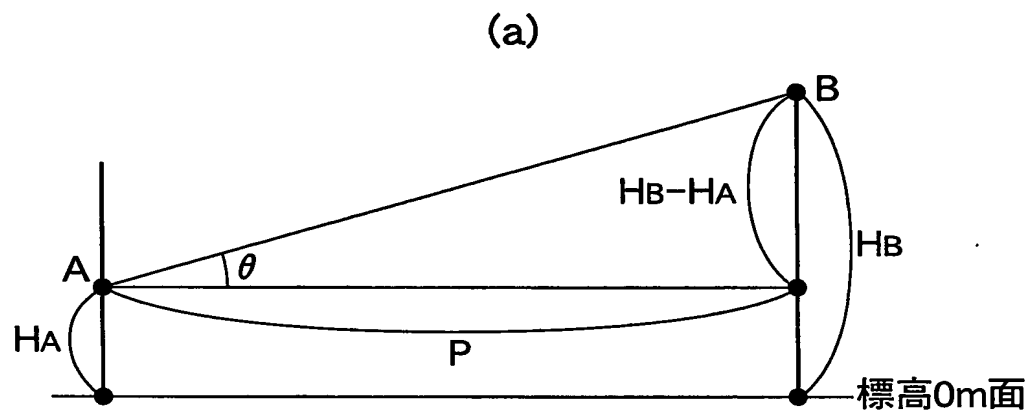


FIG.16

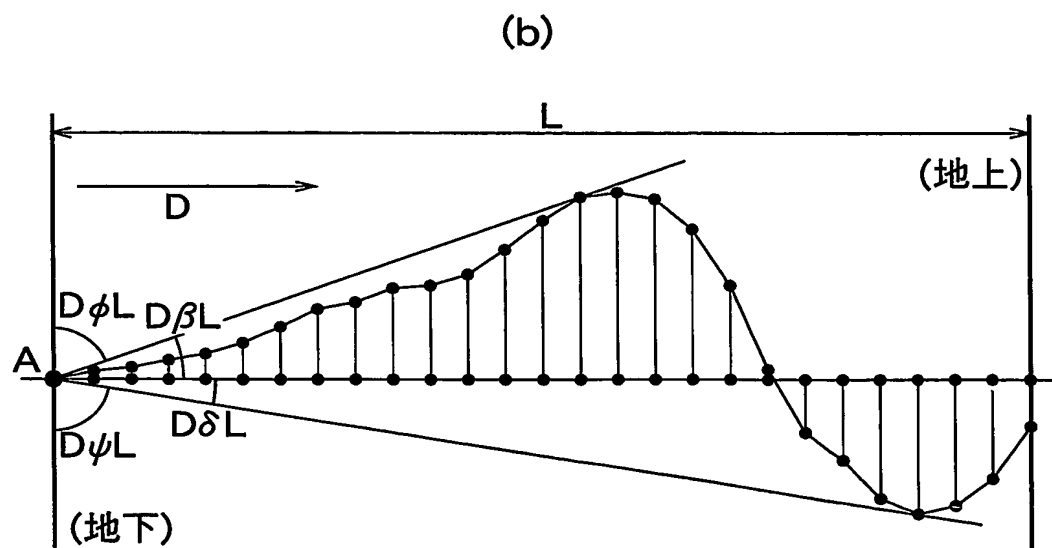


17/30

FIG.17



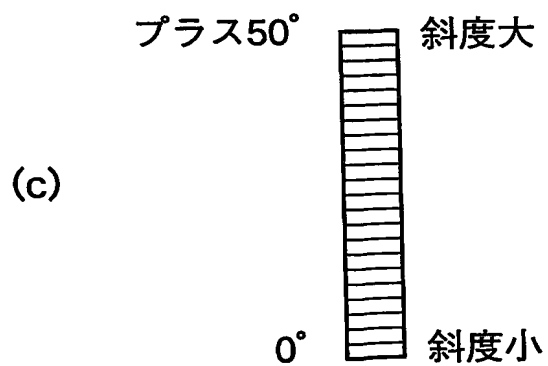
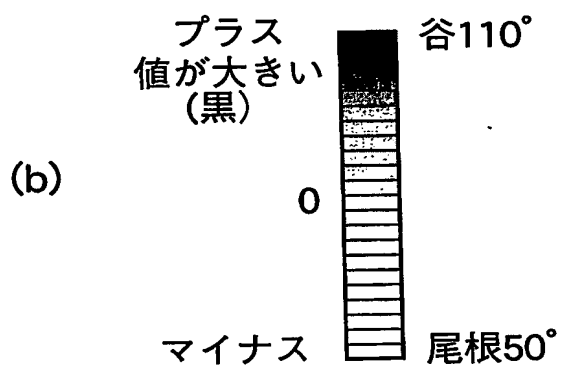
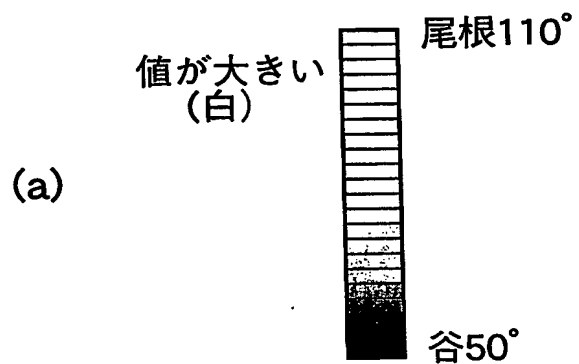
：標本地点Aの標本地点Bに対する仰角 θ 。



：標本地点AのD-L集合の地上角及び地下角。

18/30

FIG.18



19/30

FIG.19

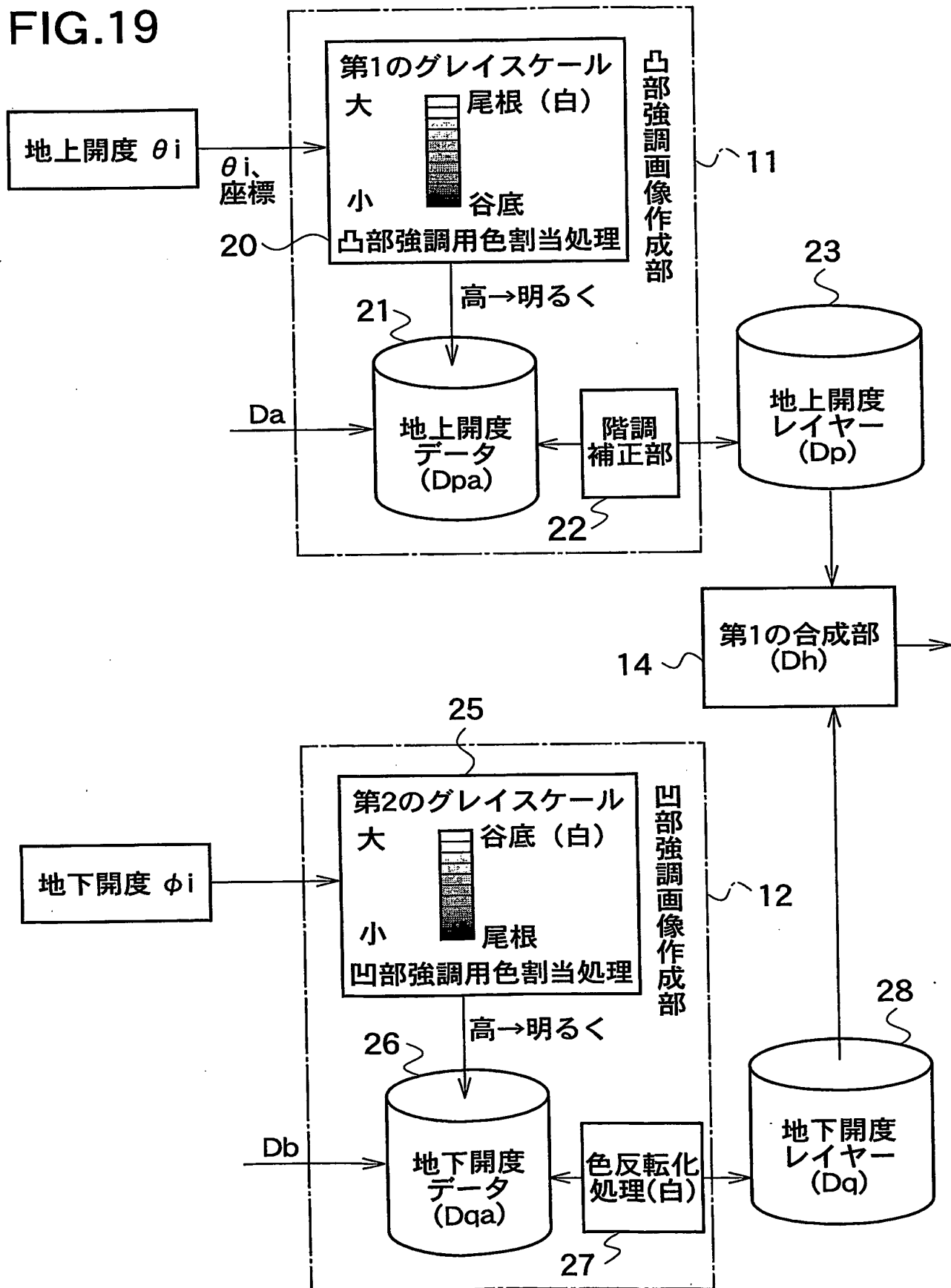
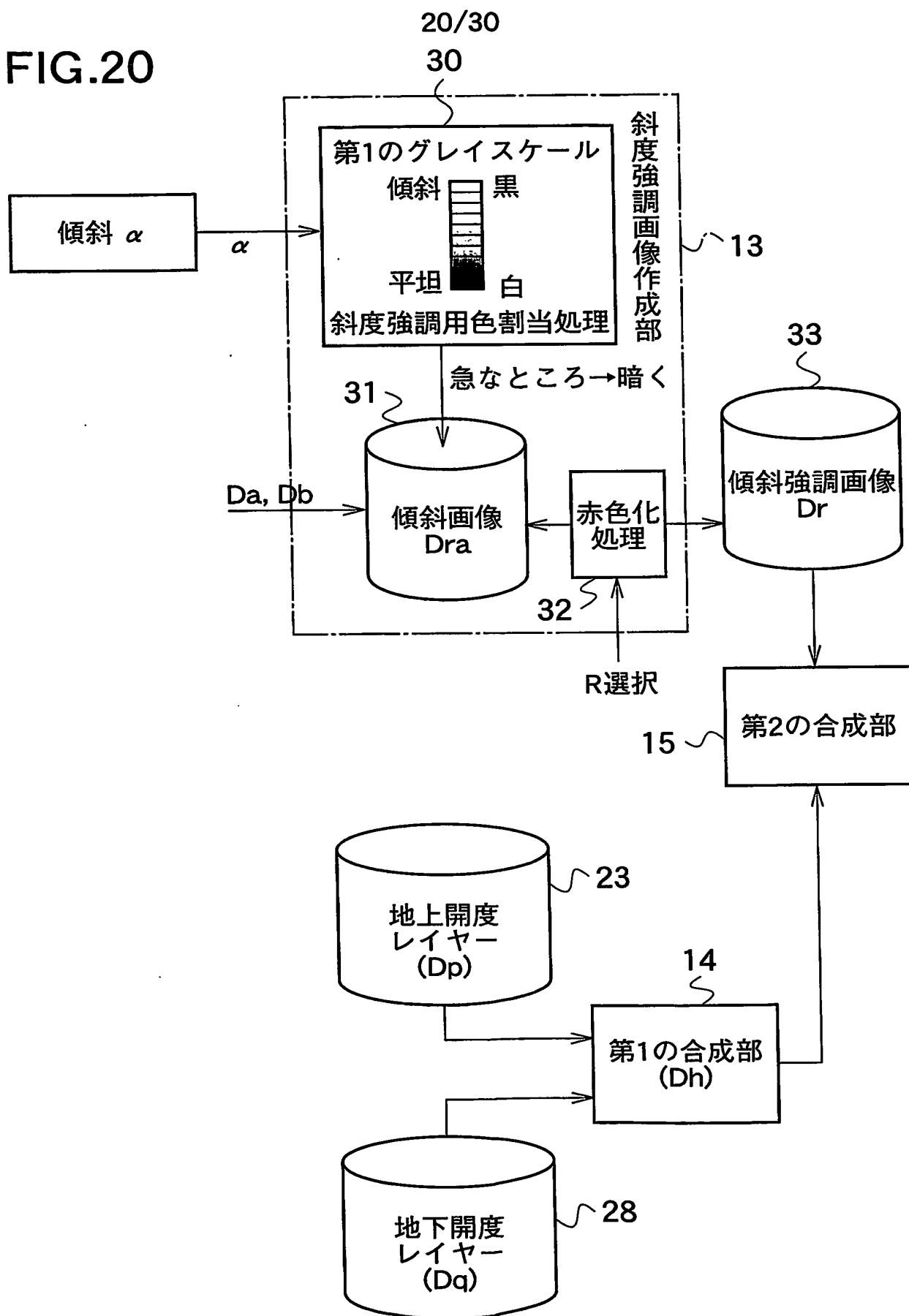
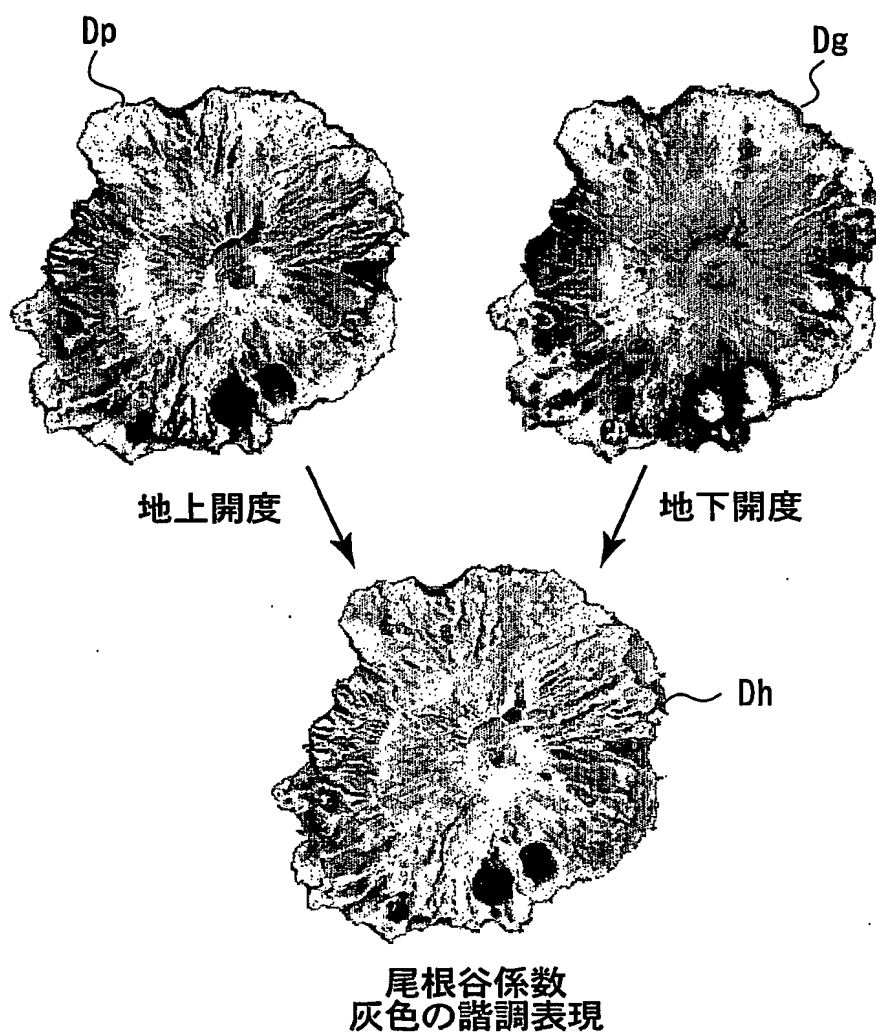


FIG.20



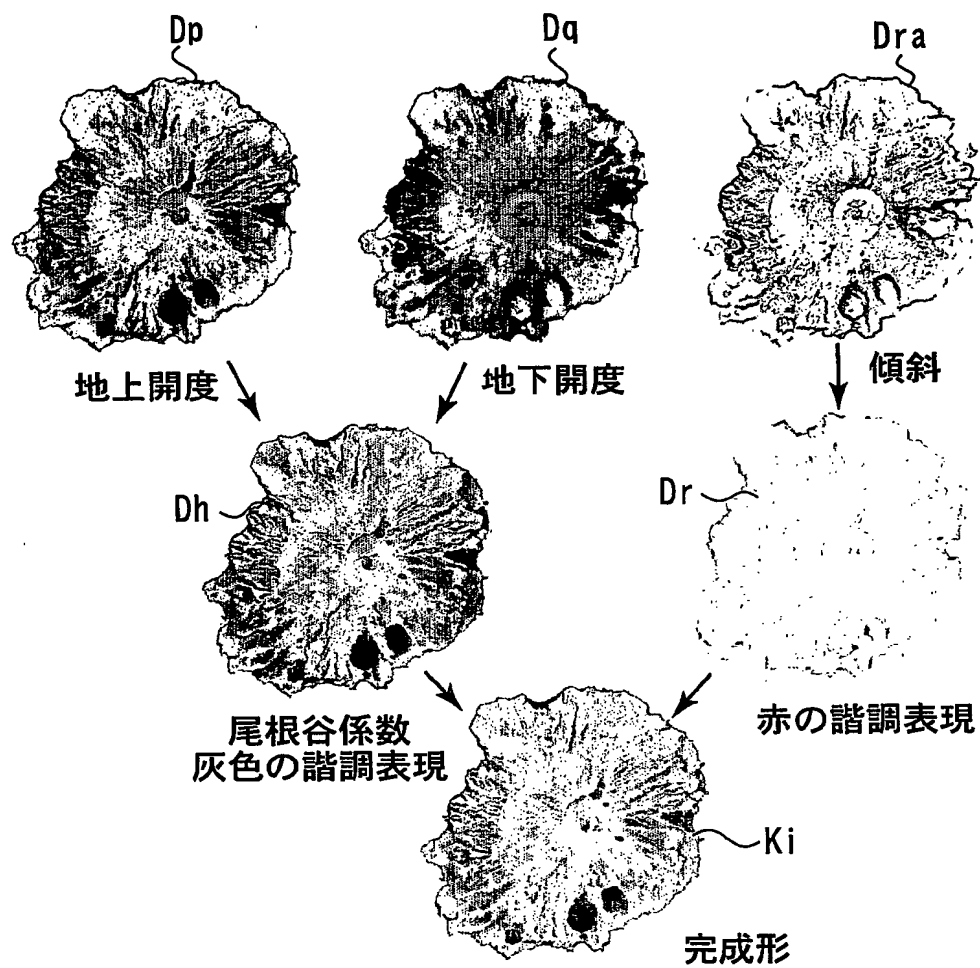
21/30

FIG. 21



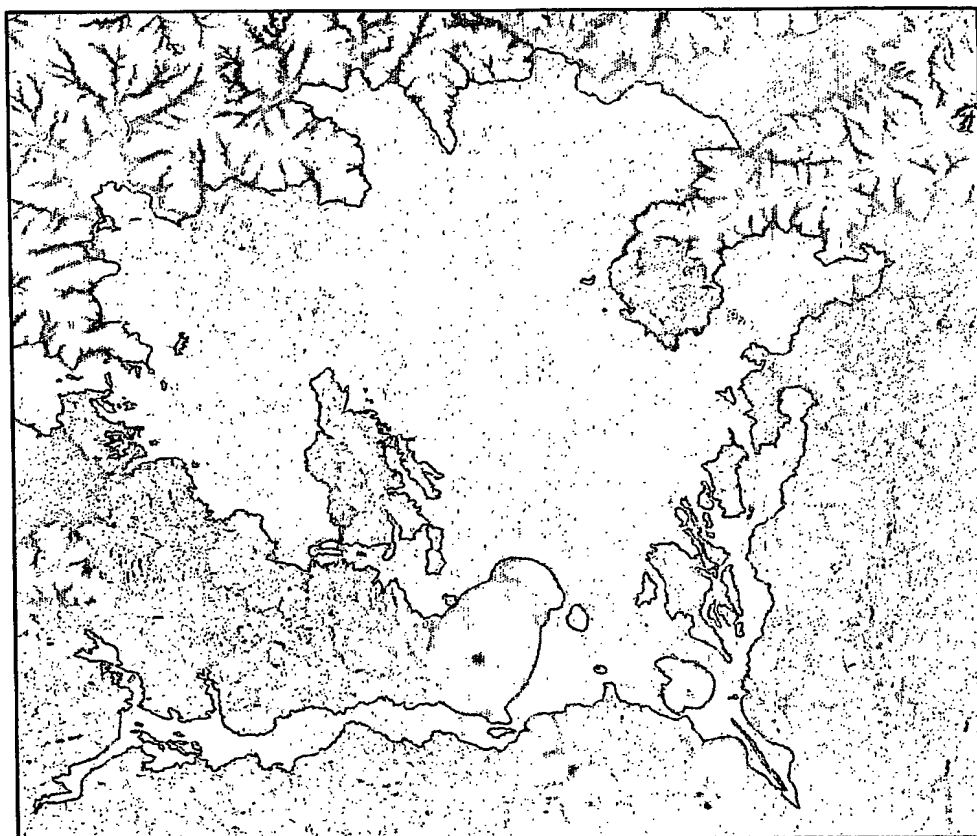
22/30

FIG. 22



23/30

FIG. 23



青木ヶ原溶岩流分布域のレーザー立体画像

24/30

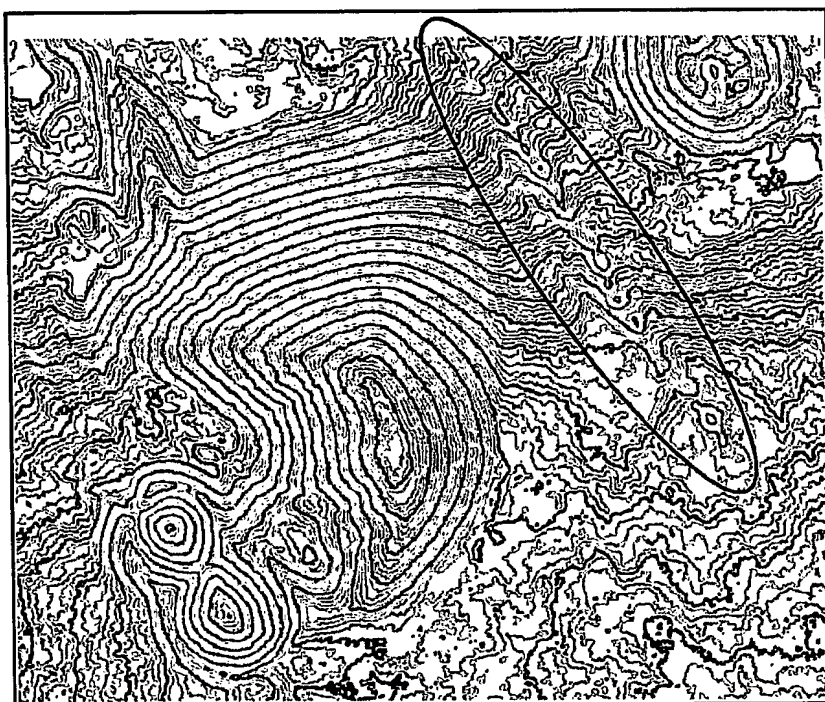
FIG.24



航空写真測量による地形図 氷穴火口列は表現されていない

25/30

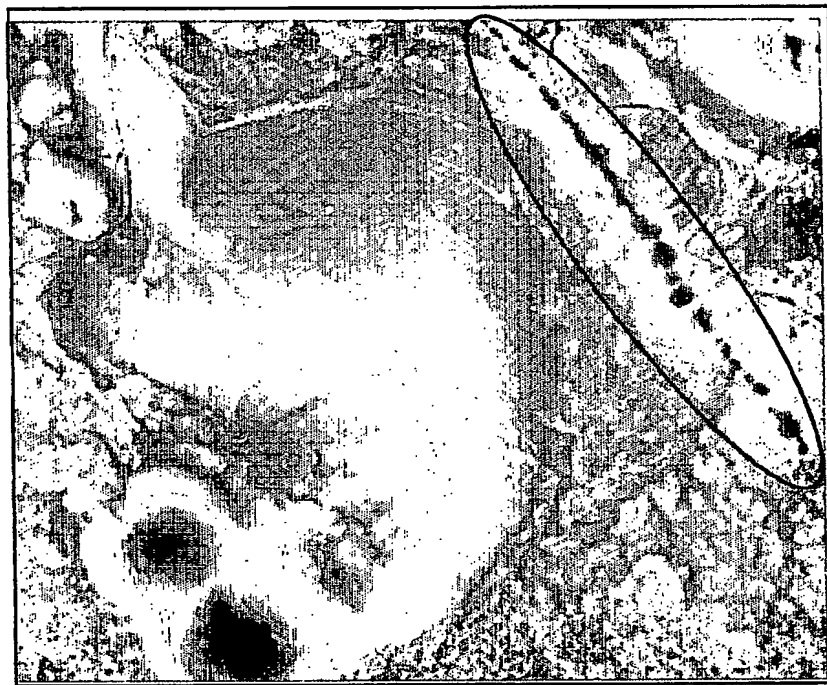
FIG. 25



レーザ等高線図

26/30

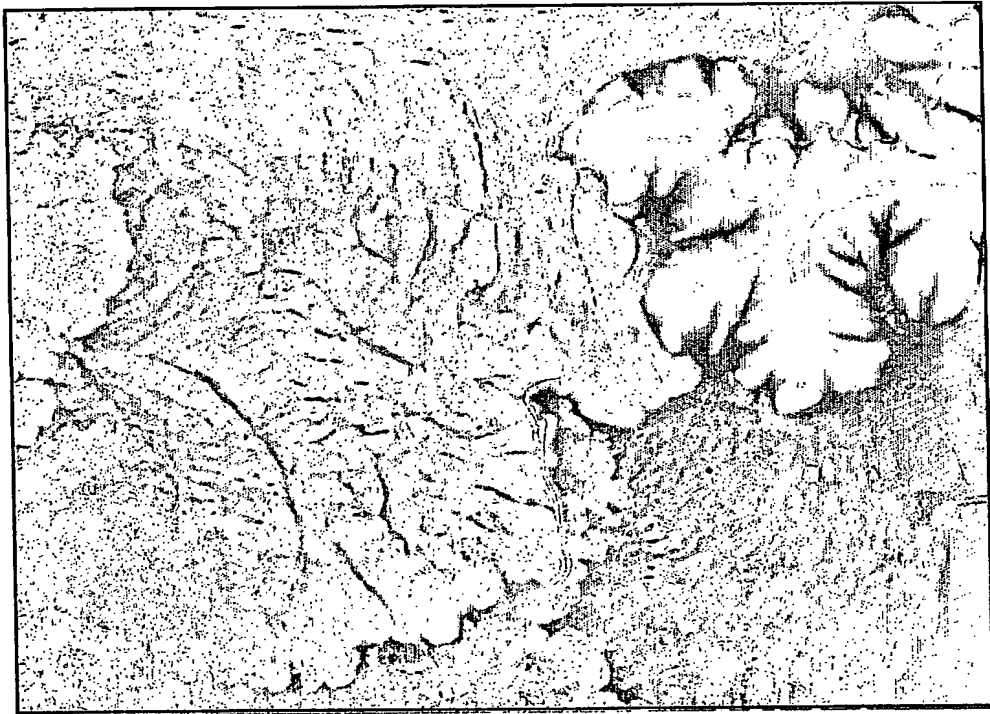
FIG. 26



立体画像

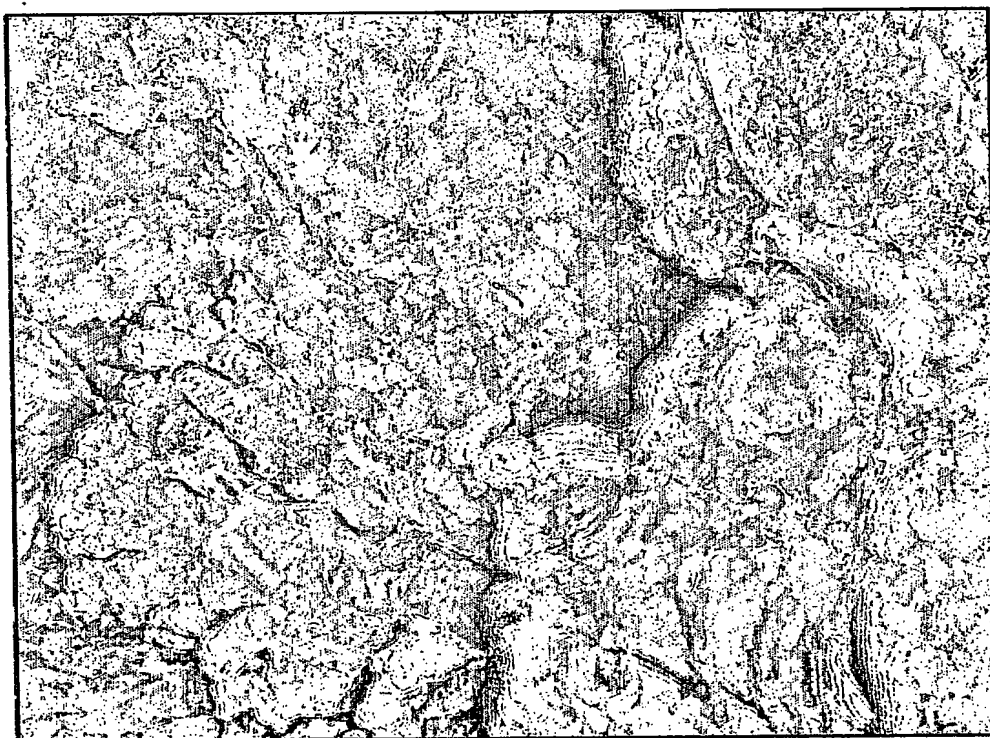
27/30

FIG. 27



28/30

FIG. 28

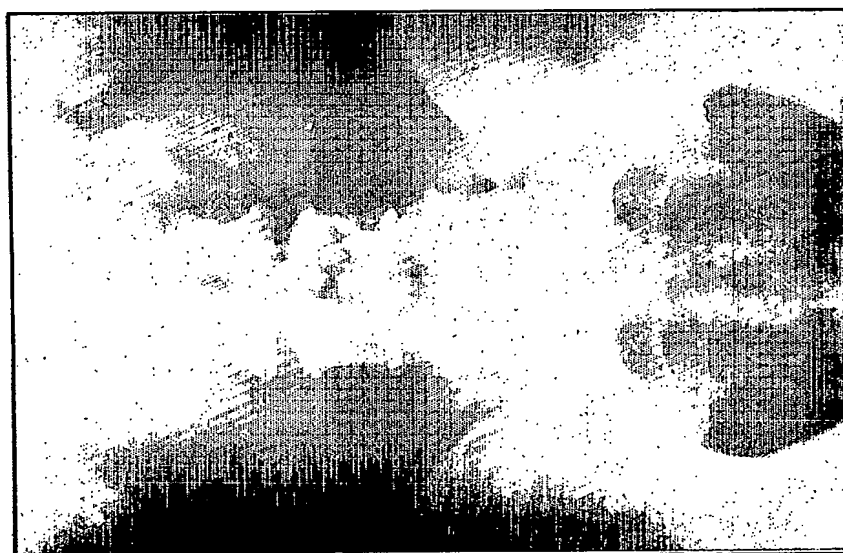


29/30

FIG. 30



FIG. 29



30/30

FIG. 32

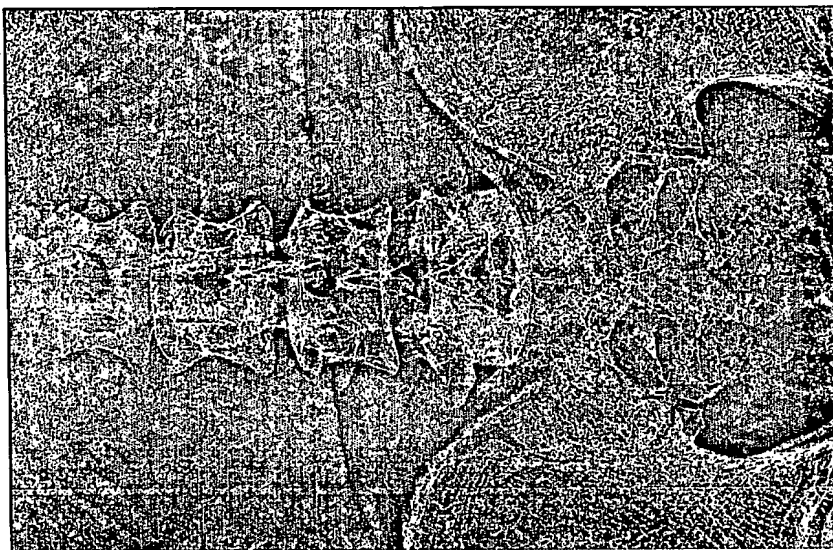
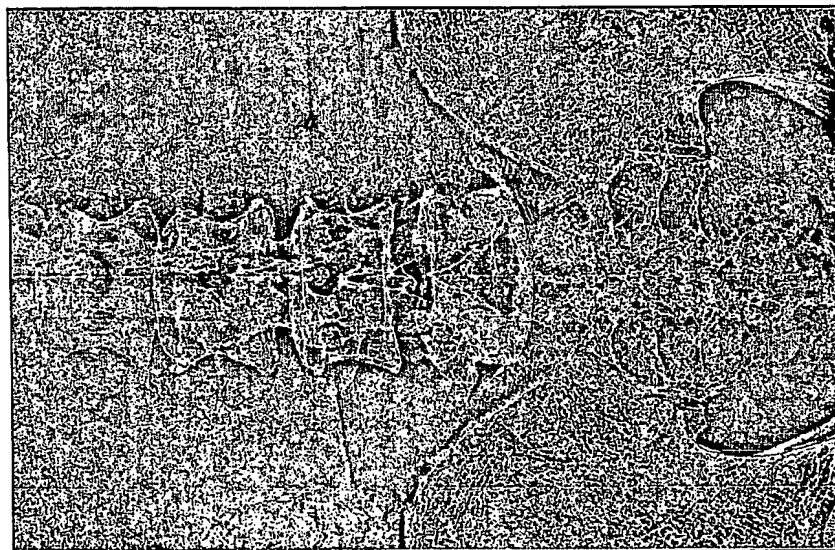


FIG. 31



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/14118

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G09B29/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G09B29/00, G06T17/50

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Katsuyuki SHINOHARA et al., "Vector-Jo o Mochiita Gazo Kaiseki", ITEJ Technical Report, 20 May, 1993 (20.05.93), Vol.17, No.28, pages 11 to 16	1,4,7,8,9 2,3,5,6, 10-12
Y	Makoto KIKUKAWA et al., "Solid Texturing o Riyo Shita 3-Jigen Nin'i Gamenjo ni Okeru Sensekibun Tatamikomih", The Journal of the Institute of Image Electronics Engineers of Japan, 25 July, 2000 (25.07.00), Vol.29, No.4, pages 283 to 291	2,3,5,6, 10-12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
10 February, 2004 (10.02.04)

Date of mailing of the international search report
24 February, 2004 (24.02.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl¹ G09B29/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl¹ G09B29/00、G06T17/50

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	篠原 克幸他, ベクトル場を用いた画像解析, テレビジョン学会技術報告, 1993. 05. 20, 第17巻, 第28号, p11-16	1, 4, 7, 8, 9 2, 3, 5, 6, 10-12
Y	喜久川 誠他, ソリッドテクスチャリングを利用した3次元任意画面上における線積分畳み込み法, 画像電子学会誌, 2000. 07. 25, 第29巻, 第4号, p283-291	2, 3, 5, 6, 10-12

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

10. 02. 2004

国際調査報告の発送日

24. 2. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

松川 直樹

2T

8804

電話番号 03-3581-1101 内線 3264